natuur en techniek

7 | '84

52e jaargang

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

Bij de omslag

Het Yellowstone National Park in de Verenigde Staten staat bekend om zijn vele geysers en heet-waterbronnen. Zij ontstaan als gevolg van het teveel aan warmte dat de Aarde heeft. Deze afkoelingsprocessen spelen zich ook af in de bovenmantel onder de continenten. Om hierover meer te weten te komen zijn seismologen gestart met het NARS-project, een reusachtige antenne gevormd door 14 seismologische stations. Zie verder het artikel op pag. 538 e.v.
(Foto: Michael Freeman, Bruce Coleman Ltd).

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:
Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044*.
Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.
Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.
Redactie: lic. P. Van Dooren, Drs. T.J. Kortbeek, Drs. H.R. Roelfsema, J.A.B. Verduijn.
Redactiesecretaresse: T. Habets-Olde Juninck.
Redactiemedewerkers: Drs. J.H. Frijlink, A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.
Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Dr. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P. Israel, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Ir. G.J. Schiereck, Dr. M. Sluyser, Prof.dr. J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr. J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.
De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.
Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), DIE UMSCHAU (D), SCIENZA E TECHNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van het Directoraat-generaal Informatiemarkt en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

EURO ARTIKEL

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: *f* 89,50 of 1725 F. Overige landen: + *f* 35,– extra porto (zeepost) of + *f* 45,— tot *f* 120,— (luchtpost). Losse nummers: *f* 8,– of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDS kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.
Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

notu/vak

ISSN 0028-1093

Een uitgave van

Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

7 '84

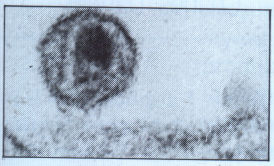
natuur en techniek

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

pag. 498-515 SISO 605.11

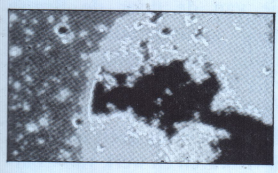
J.K. van Wijngaarden - Acquired Immune Deficiency Syndrome - Meer dan een medisch probleem.
AIDS is een ernstige, vaak dodelijk verlopende ziekte, die meestal jonge mensen treft. Men vermoedt dat een nog onbekend virus AIDS veroorzaakt. Preventie, voorlichting, opvang en begeleiding van (potentiële) patiënten, onderzoek en het voorkómen van irrationele angst zijn aspecten die bij het probleem een grote rol spelen.

pag. 516-521 SISO 605.11



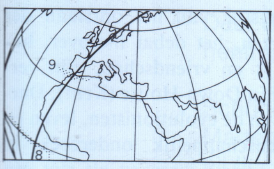
P. Bentvelzen - AIDS - Oorzaak onbekend.
Het onderzoek naar de veroorzaker van AIDS is al jaren geleden gestart. Langzamerhand is men tot de hypothese gekomen dat de oorzaak een retrovirus is, dat de T-lymfocyten aantast. Onderzoeksgroepen in Amerika en Frankrijk claimen dé veroorzaker te hebben gevonden. Echter, het is één en hetzelfde virus. In ieder geval ligt de weg nu open naar de ontwikkeling van een vaccin voor AIDS.

pag. 522-537 SISO 552.2



Jamal N. Islam - De Toekomst van het Heelal - Op weg naar het grote Niets.
De meeste astronomen zijn het er nu wel over eens dat het heelal ontstond na de Oerknal (Big Bang). Temidden van vele onzekerheden tekenen zich momenteel twee mogelijke richtingen af: een 'open' heelal of een 'gesloten' heelal dat ineen zal storten in de Grote Klap (Big Crunch). In beide gevallen gaat het heelal echter naar het grote Niets....

pag. 538-553 SISO 562



A.M.H. Nolet - Het NARS-project - Stethoscoop voor moeder Aarde.
Spreiding van oceaanbodems, gebergtevorming, vulkanisme en seismische activiteit zijn allemaal uitvloeisels van de pogingen die de Aarde in het werk stelt om haar teveel aan calorieën kwijt te raken. Seismologen van de Rijksuniversiteit Utrecht maken zich op om met een reusachtige 'antenne' van seismische stations een spectaculaire ontdekkingsreis naar het diepe inwendige van onze eigen planeet te starten.

pag. 554-569 SISO 608.3, 605.8

J.E. de Vries - Afweer tegen kanker - Falend immuunsysteem?
Een van de problemen bij kanker is waarom sommige mensen (of proefdieren) wel een tumor ontwikkelen en anderen weer niet. Een van de mogelijke antwoorden is dat er bij iedereen dagelijks tumorcellen ontstaan, maar dat die in het normale geval meteen door het afweersysteem opgeruimd worden. Heel wat tumorcellen blijken echter geen afweer op te roepen!

pag. II Bezienswaardig.
pag. IV-IX Natuur en Techniek krijgt Grote Nederlandse Larousse-Prijs.
pag. X Boeken.
pag. 570-579 Actueel.
pag. 580 Tekst van Toen.

Wetenschap en geweten

Tot en met 30 augustus loopt in het Evoluon te Eindhoven de tentoonstelling 'Wetenschap en geweten'. Zij is gewijd aan het leven en werk van twee vooraanstaande natuurkundigen, Max Born (1882-1970) en James Franck (1882-1964). Beiden stonden niet alleen aan de wieg van het atoomtijdperk, doch hun baanbrekende ideeën hebben tevens tot tal van industriële produkten geleid die inmiddels gemeengoed zijn geworden.
In wat voor omgeving kregen de nieuwe ideeën gestalte, hoe was de omgang met collega's, hoe gistte de maatschappij rond 1914-1918, de jaren twintig en dertig, de tijd van de Tweede Wereldoorlog? Op welke wijze namen deze belangrijke fysici stelling in wetenschappelijk en maatschappelijk turbulente tijden.
Aan de hand van talloze foto's, proefopstellingen (waaronder de befaamde proef van Franck en Hertz), modellen, apparaten, brieven en kranteknipsels geeft de tentoonstelling een antwoord op deze en soortgelijke vragen. Evoluon, Noord Brabantlan 1a, 5652 LA Eindhoven. ☎ 040-512736.

Canisius

Van 3 juli tot 1 oktober is in het Natuurmuseum te Nijmegen de tentoonstelling 'De Canisius-collectie' te zien. Deze bijzondere collectie werd in 1983 aan het museum geschonken door het Canisius-college, een voormalig gymnasium in Nijmegen. Het oude gebouw, waarin het gymnasium gehuisvest was, werd ontworpen door de bekende architect N. Molenaar en werd gebouwd in 1898. De 'Canisius-Collectie' bestaat uit allerlei materiaal dat pater-Jezuïten in de loop der jaren in binnen- en buitenland hebben verzameld. De expositie vertelt het een en ander over het ontstaan van de collectie en toont uiteraard een aantal prachtige voorwerpen zoals: inheemse en uitheemse opgezette vogels, schelpen en fossielen, eieren, huiden, gedroogde planten en dieren 'op sterk water'. Verder wordt een overzicht gegeven hoe het prepareren van dieren in z'n werk gaat.
De openingstijden van het Natuurmuseum Nijmegen zijn: maandag t/m vrijdag 10.30 tot 17.00 uur; zondag 13.00 tot 17.00 uur. ☎ 080-230749.

Buitenmuseum

Het Buitenmuseum van het Zuiderzeemuseum te Enkhuizen is weer voor het publiek opengesteld. Dit jaar zijn er enkele nieuw ingerichte panden te bezichtigen. In een pand uit de visserswijk 'Brunnepe' in Kampen vindt men een sigarenmakerij. Het ambacht van sigarenmaken werd in Kampen door velen aan huis uitgeoefend. De sigarenmakerij in het museum is een goed voorbeeld van zo'n klein eigen bedrijf.
Met behulp van de Vereniging van Zeilmakers en Scheepstuigers is een zeilmakerij zoals deze er omstreeks 1930 uitzag, compleet ingericht in een pand dat uit de stad Enkhuizen afkomstig is.
Een eeuw oude watermolen uit het Friese merengebied bij Hemelum wordt op dit moment opgebouwd. De molen zal in het museum een functie krijgen: als hij in de loop van dit seizoen klaar is, zal hij het water uit het lager gelegen poldertje op het museumterrein naar de hoger gelegen grachtjes malen.
In de filmzaal van het museum wordt dagelijks de film 'Streep door het verleden' vertoond. In de film zijn vele historische opnamen van de Zuiderzeevisserij en interviews met een aantal oude visserlui verwerkt.
Het museum is geopend tot en met 21 oktober, dagelijks van 10 tot 17 uur. ☎ 02280-10122.

Charles Darwin

Tot en met 3 augustus 1984 is in het Geologisch Museum Heerlen de tentoonstelling 'Charles Darwin, 1809-1882' te zien. Deze tentoonstellling is de Nederlandse versie van de door de British Council samengestelde Engelse expositie, die in 1982, honderd jaar na de dood van Darwin, een reis door Europa maakte.
De tentoonstelling geeft een overzicht van leven en werk van Charles Darwin.
Verder komen aan bod: het vraagstuk van het ontstaan der soorten, het debat hierover, huwelijk en vriendschap, zijn verblijf in Down-House (Kent), Darwin en de evolutionisten, leven en wetenschappelijk onderzoek in zijn laatste jaren en als slot een hoofdstuk over de erkenning die Darwin in binnen- en buitenland bij geleerden uit verschillende vakgebieden genoot. Een vitrine met boeken van en over Darwin is aan de tentoonstelling toegevoegd.
De tentoonstelling is te bezichtigen in het Geologisch Museum Heerlen/Geologisch Bureau, Voskuilenweg 131, 6416 AJ Heerlen. Openingstijden: maandag t/m vrijdag van 09.00 tot 12.00 en van 14.00 tot 16.00 uur. ☎ 045-711910.

Natuur en Techniek, het multidisciplinaire natuurwetenschappelijk en technisch maandblad, zoekt op korte termijn een

REDACTEUR

Deze man of vrouw zal betrokken worden bij de redactie van het maandblad zelf. Werkzaamheden zullen o.a. zijn: auteursacquisitie, manuscriptbeoordeling, fotoresearch, lay-out voorbereiding en verdere produktiebegeleiding. Ook produktie van niet-redactionele pagina's behoren tot het taakgebied. De werkzaamheden worden in teamverband verricht, maar de redacteur draagt de eindverantwoordelijkheid voor zijn werk.

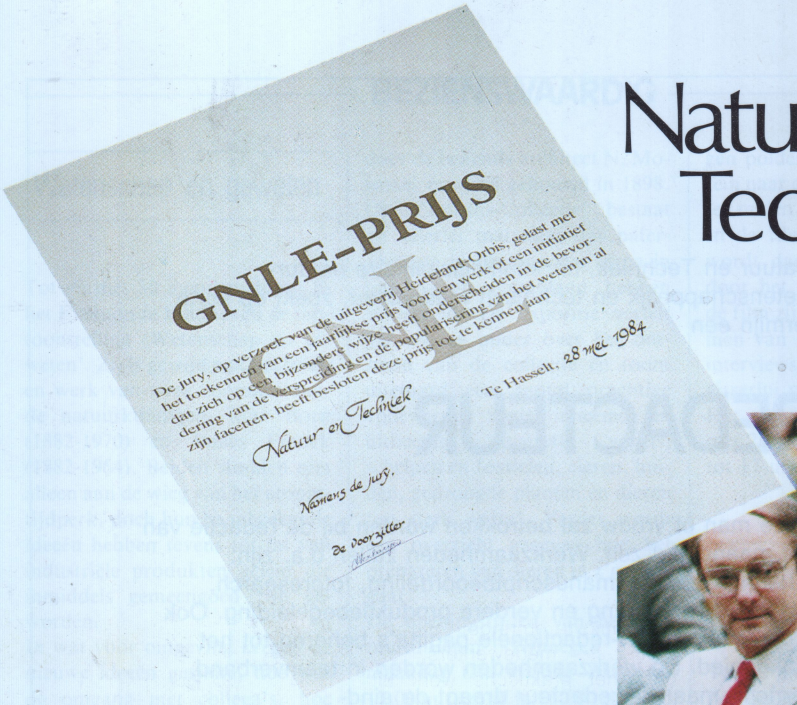
Naast een goede pen is didactisch inzicht of ervaring wenselijk. Van de kandidaat wordt, omwille van het multidisciplinaire karakter van het blad, een brede belangstelling buiten het eigen vakgebied verwacht. Gezien de opbouw van de redactie begroeten wij liefst een fysicus of ingenieur als nieuwe collega, maar ook zij die ruime belangstelling voor het gehele wetenschapsgebied en wetenschapspopularisatie hebben zijn zeker zo welkom.

Daar Natuur en Techniek ook in België een grote lezerskring heeft is een Belgische achtergrond een pluspunt.

Schriftelijke sollicitatie kunt u richten aan de heer Th.J.M. Martens, hoofdredacteur. Verdere inlichtingen kunt u krijgen bij lic. P. Van Dooren of J. Verduijn. Tel. (0)43-54044. Natuur en Techniek, postbus 415, 6200 AK Maastricht.

natuur en techniek

Natuur en Techniek


GNLE-PRIJS

De jury, op verzoek van de uitgeverij Heideland-Orbis, gelast met het toekennen van een jaarlijkse prijs voor een werk of een initiatief dat zich op een bijzondere wijze heeft onderscheiden in de bevordering van de verspreiding en de popularisering van het weten in al zijn facetten, heeft besloten deze prijs toe te kennen aan

Natuur en Techniek

Te Hasselt, 28 mei 1984

Namens de jury,

De voorzitter

Misschien heeft u via de media al vernomen dat op 28 mei de Grote Nederlandse Larousse-Prijs uitgereikt werd aan ons tijdschrift. De prijs werd ingesteld door de Belgische uitgeverij Heideland-Orbis toen het laatste deel van de gelijknamige encyclopedie klaar was. De prijs wordt toegekend voor verdienstelijk werk op het terrein van de wetenschapsvoorlichting. Wij beschouwen dit als een grote eer, omdat het een officiële erkenning inhoudt van wat steeds ons streven geweest is.

Voor de gemiddelde lezer betekent Natuur en Techniek de maandelijkse bundel kleurig bedrukte pagina's die u nu in de hand heeft. Natuur en Techniek is natuurlijk ook een bedrijf, een aantal mensen, maar ook een idee, een streven. Die willen we op dit bijzondere ogenblik even aan u voorstellen.

Natuur en Techniek wordt uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau BV te Maastricht. Een naam die bijna nooit genoemd wordt, omdat de uitgeverij te zeer verweven is met het tijdschrift. Toevallig is dat dit jaar al 25 jaar zo. Zoals u zelf kunt zien, is het tijdschrift echter al aan zijn 52e jaargang toe. Het maandblad heeft inderdaad tot het tijdschriftenpakket van een aantal uitgeverijen behoort. Bovendien had dit al de 54e jaargang kunnen zijn: het blad kon tijdens en na de oorlog twee jaar niet verschijnen door papierschaarste.

Het eerste nummer kwam uit in april 1931, als een uitgave van Elsevier. In 1938 ging het naar Kluwer, die het in 1951 overdeed aan Gaade. In 1958 verhuisde het naar D.B. Centen's Uitgeversmaatschappij, die er in 1959 voor het eerst België bij betrok, via de Antwerpse uitgeverij De Branding. Toen was het blad een zieltogend blaadje geworden, met nog geen tweeduizend abonnees.

wint de Grote Nederlandse Larousse-Prijs

Bij de foto's:
De oorkonde behorende bij de Grote Nederlandse Larousse-Prijs in handen van Theo Martens, hoofdredacteur-directeur.

Natuur en Techniek (het witte pand met de ovale ramen bovenin op de foto rechts) ligt aan het historische pleintje 'Op de Thermen', boven de grondvesten van een Romeins badhuis, in het centrum van Maastricht.

Dat jaar werd Theo Martens (de huidige hoofdredacteur en directeur) gevraagd of hij het blad wilde overnemen. Die zette er zijn schouders onder, met het huidige resultaat.

Een dergelijk blad is geen éénmanszaak. Martens wist zich altijd te omringen met enthousiaste medewerkers, die hem het praktische werk uit handen namen, terwijl hij de stuwkracht en het elan leverde. Eén gedachte stond altijd centraal: ''kwaliteit eerst''. Artikelen van hoog inhoudelijk niveau, van de meest vooraanstaande specialisten, maar tegelijk didactisch gebracht, zo leesbaar mogelijk en zo mooi mogelijk gepresenteerd. Dat vraagt enthousiasme en extra inzet, maar

Het informatiecentrum van Natuur en Techniek kan de lezer behulpzaam zijn met het vinden van wetenschappelijke informatie. Dit centrum is toegankelijk via Stokstraat 24.

we hopen iets van dat enthousiasme op de lezers te hebben overgebracht.

De redactie kan verder beroep doen op een aantal externe medewerkers. De 'Redactie Adviesraad' bestaat uit een aantal hoogleraren uit diverse disciplines. Zij geven algemeen advies en vergemakkelijken contacten op hoog niveau. De 'redactiemedewerkers' leveren op min of meer regelmatige basis allerlei 'hand- en spandiensten' aan de hoofdredacteur, vooral op het praktische vlak. De 'wetenschappelijke correspondenten' zijn onderzoekers die op hun gebied een zekere reputatie hebben en daarenboven over een goede pen beschikken. Zij berichten in de rubriek 'Actueel' over de stand van zaken in de gebieden waar zij thuis zijn, signaleren de redactie nieuwe ontwikkelingen en mogelijke auteurs en helpen soms het inhoudelijke niveau van manuscripten te beoordelen.

Het 'bedrijf' Natuur en Techniek is gevestigd in een gerenoveerd pand in het hart van de historische stad Maastricht. Het pand huisvest de redactie en de grafische studio, de administratie, het bestelhuis en het informatiecentrum. Dat informatiecentrum staat ten dienste van onze lezers. Wij zijn geabonneerd op tientallen wetenschappelijke tijdschriften, die ter inzage beschikbaar zijn, net als uiteraard onze eigen jaargangen en overdrukken(series). Vanzelfsprekend staan de kennis en het advies van de redactie er evenzeer ter beschikking.

Tussen de tijdschriften zijn er enkele die we speciaal willen noemen. Dat zijn de leidende tijdschriften uit een aantal EG-landen, waar we mee samenwerken in het Euro-artikel project: Endeavour in Engeland, Technology Ireland, La Recherche in Frankrijk (en hun Spaanse versie), Die Umschau in Duitsland en het Italiaanse jaarboek Scienza e Tecnica. We wisselen onderling manuscripten met Europese dimensie uit. Gezien die Europese dimensie, wordt het project gesteund door de EG-Commissie, met name het Directoraat-Generaal Informatiemarkt en Innovatie. Vertaling van de manuscripten, administratie en een bijdrage in de honoraria worden door de EG verzorgd. Natuur en Techniek speelt in dit project een belangrijke en vaak richtinggevende rol. Verder werken wij nauw samen met de Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij, voor wie wij de verdeling van hun driemaandelijkse Cahiers verzorgen.

Wetenschapspopularisatie is breder dan een tijdschrift waar kan maken. Een tijdschrift kan veel doen aan de communicatie tussen wetenschap, onderwijs en samenleving. Het kan de leek feiten en achtergronden aandragen om de wetenschap

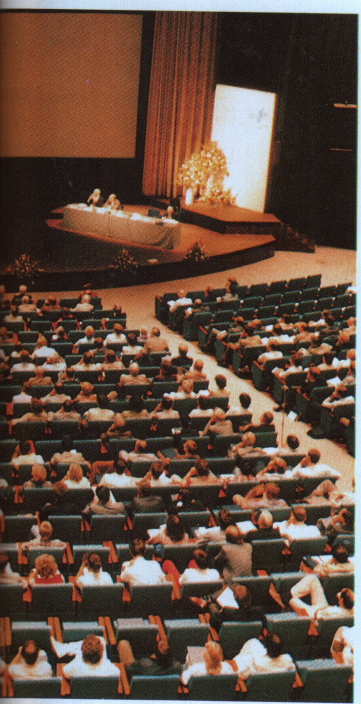
Het bestelhuis (boven) verwerkt alle bestellingen per computer, verpakt en verzendt het bestelde. De maandelijkse verzending van het tijdschrift zelf gebeurt bij De Wit Boekbinders B.V. te Eindhoven en geschiedt geheel automatisch.

Ter gelegenheid van de vijftigste jaargang hield Natuur en Techniek een groot tweedaags congres rond het Thema 'Onderwijs en Wetenschap' (rechts). Tot de sprekers behoorden onder andere vijf Nobelprijswinnaars.

De grafische studio van Natuur en Techniek (links) is verantwoordelijk voor de vormgeving van het blad, alle tekenwerk en het volgen van de kwaliteit van het drukwerk.

De redactie bespreekt regelmatig de te behandelen onderwerpen en beoordeelt manuscripten (onder).

Het onderwijs moet mensen voorbereiden op de maatschappij en kan daarbij niet om de groeiende invloed van wetenschap en techniek heen.



te kunnen volgen en zich zelfstandig een oordeel te vormen. Het kan de wetenschapper helpen om uit zijn ivoren toren te treden. Maar de lengte van een artikel is beperkt.

Daarom is Natuur en Techniek langzamerhand ook boeken gaan produceren. Een aantal daarvan zijn als speciaal nummer in het tijdschriftabonnement opgenomen. Naast deze – en andere – compleet eigen produkties, vertaalde en bewerkte de redactie ook werken die volgens haar tot de beste op de wereldmarkt behoren en waarvan het 'zonde' zou zijn om ze zelf nog eens op te zetten. Onlangs verwerf Natuur en Techniek zo de Nederlandse rechten voor alle 'Scientific-American-boeken'.

Een andere manier van kennisoverdracht is van persoon tot persoon. Bij de 40e en 50e jaargang organiseerde Natuur en Techniek bijzondere congressen rond wetenschap, onderwijs en maatschappij. Ook het onderwijs zelf is een overdracht van persoon tot persoon. De redactie heeft altijd getracht om ten dienste te staan van het onderwijs, om lesmateriaal te maken voor de man vóór de klas en tegelijkertijd een 'education permanente' te zijn voor de leerling en de student. Momenteel werken wij in Nederland nauw samen met de Open Universiteit, die in september van start gaat, bij de ontwikkeling en de praktische produktie van haar cursuspakketten Natuurwetenschappen.

De reacties stimuleren ons om op deze weg door te gaan, zonder zelfingenomenheid, maar onder voortdurende zelfkritiek. De Grote Nederlandse Larousse-Prijs is op deze weg geen mijlpaal, maar een wegwijzer.

Natuur en Techniek heeft in de loop der jaren een aantal boeken uitgebracht over een bepaald thema of een bepaalde discipline. Hoewel de uitvoeringsvormen op het oog verschillen, is de inhoud van alle boeken degelijk, beknopt en toch helder, doordat de samenstelling zoals altijd de meeste aandacht heeft gekregen zonder onze andere sterke kant (foto's en illustraties) te vergeten.

DE INFORMATIEMAATSCHAPPIJ
De gevolgen van de micro-elektronische revolutie.

Een boek over de invloed van de informatica, micro-elektronica en automatisering op onze samenleving. 288 pagina's met ca. 300 illustraties. In paperback-uitvoering, tegen de gereduceerde prijs van *f* 27,50 of 530 F. (Prijs voor niet-abonnees *f* 35,– of 675 F.).

In de erkende boekhandel is dit boek ook verkrijgbaar, gebonden in linnen band met stofomslag, voor de prijs van *f* 47,50 of 915 F. In beperkte mate kan men het boek in deze uitvoering ook bij NATUUR en TECHNIEK bestellen, tegen dezelfde prijs.

ENERGIE uit ATOOMKERNEN
Een speciale uitgave over kernenergie en de toepassing van radioactieve stoffen in wetenschap, techniek en geneeskunde.

Door prof. dr. J.D. Fast. In vierkleurendruk, 350 pagina's met ruim 500 illustraties. Prijs *f* 40,– of 775 F. Voor nieuwe abonnees *f* 30,– of 575 F.

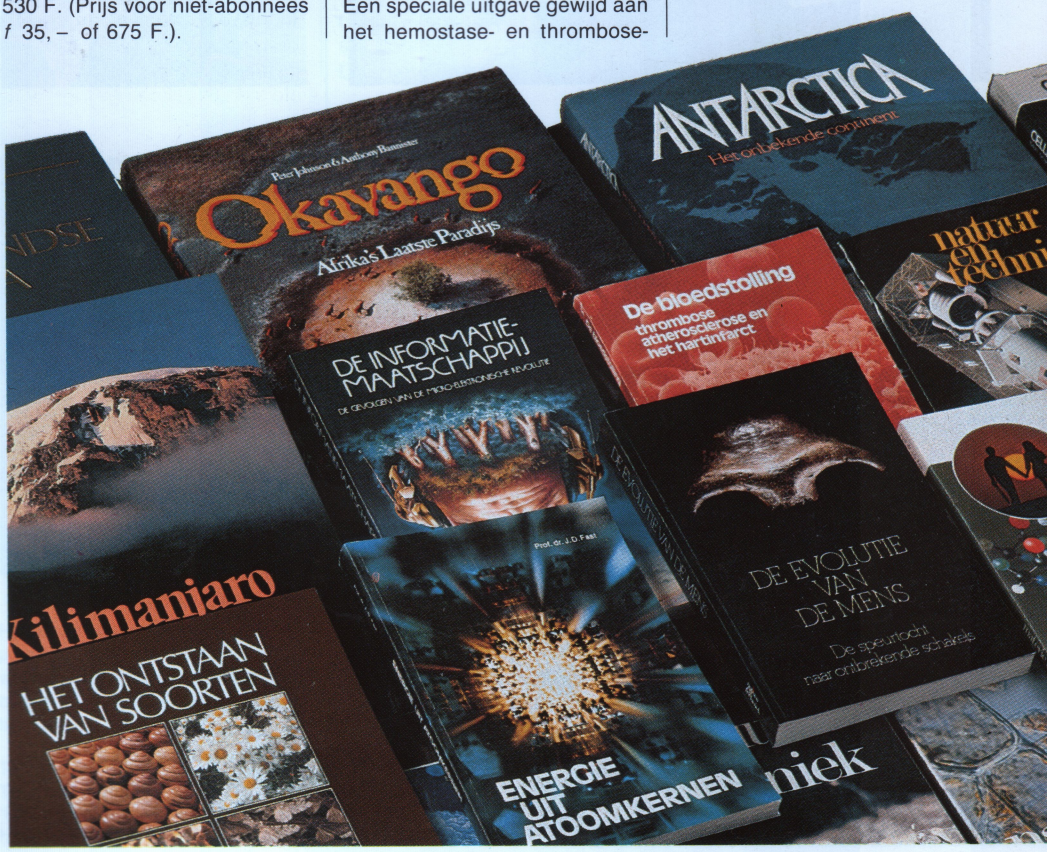
DE BLOEDSTOLLING
Thrombose, atherosclerose en het hartinfarct.

Een speciale uitgave gewijd aan het hemostase- en thrombose-onderzoek en de daarmee samenhangende ziekten van hart en bloedvaten.

Door prof. dr. H.C. Hemker e.a. In vierkleurendruk, 132 pagina's met circa 180 illustraties. Prijs *f* 25,– of 485 F. Voor nieuwe abonnees *f* 22,50 of 435 F.

ANTARCTICA
Het onbekende continent.

Een fotoboek in vierkleurendruk, formaat 25 x 30,5 cm, 183 pagina's met meer dan 100 foto's, waarvan vele op full-page formaat. In linnen band, met stofomslag. Door dr. Roy Siegfried en Creina Bond. Foto's: Peter Johnson. Prijs *f* 85,– of 1635 F. Voor abonnees *f* 74,50 of 1435 F.



OKAVANGO
Afrika's Laatste Paradijs.

Een fotoboek in vierkleurendruk, formaat 25 x 30,5 cm, 205 pagina's met ca. 200 foto's, waarvan vele op full-page formaat. In linnen band, met stofomslag. Tekst en foto's: Peter Johnson en Anthony Bannister. Prijs: *f* 85,– of 1635 F. Voor abonnees *f* 74,50 of 1435 F.

KILIMANJARO
Een verkenning van de hoogste berg in Afrika.

Tekst en foto's van John Reader (als foto-journalist werkzaam voor o.a. Time-Life en National Geographic). In linnen band, met stofomslag, 160 pagina's, waarvan 64 pagina's foto's in vierkleurendruk. Formaat 25 x 30,5 cm. Prijs *f* 69,– of 1335 F. Voor abonnees: *f* 55,– of 1065 F.

DE EVOLUTIE VAN DE MENS
De speurtocht naar ontbrekende schakels.

Een persoonlijk verslag van 's werelds meest bekende antropologen over hun speurtocht naar de stamboom van de mens. In vierkleurendruk, 335 pagina's met ruim 500 illustraties. In paperback-uitvoering voor de abonneeprijs *f* 30,– of 575 F. In linnen band-uitvoering: *f* 52,50 of 1015 F.

DE OORSPRONG VAN DE MENS

Een boek van de bekende antropoloog Richard Leakey, speciaal voor jeugdige lezers, naar aanleiding van de TV-serie: 'Op het spoor van de mens'. Gebonden in linnen band, 80 pagina's met ruim 80 illustraties, in vierkleurendruk. Formaat 21,5 x 28,5 cm. Prijs: *f* 24,50 of 475 F. Voor abonnees *f* 19,75 of 385 F.

DE NEDERLANDSE DELTA
Een compromis tussen milieu en techniek in de strijd tegen het water.

Een standaardwerk, uitgegeven onder auspiciën van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen, bij het 25-jarig bestaan van het Delta Instituut in Zeeland en de Deltadienst van Rijkswaterstaat en het 50-jarig bestaan van Natuur en Techniek. In vierkleurendruk, 512 pagina's met meer dan 550 foto's, kaarten en tekeningen. Gebonden in kunstlederen band met dito cassette. Als bijlage in etui: een 2½ m brede facsimile uitgave van het Panorama van Walcheren uit 1550 (nog nooit eerder gepubliceerd!). Prijs *f* 225,– of 4325 F. Voor abonnees *f* 145,– of 2785 F. (één exemplaar, volgende exemplaar: *f* 175,– of 3360 F).

HET ONTSTAAN VAN SOORTEN
Een boek over de evolutieleer van Charles Darwin, gepubliceerd in samenwerking met het British Museum of Natural History in Londen. Het rijk geïllustreerde boek, dat zeer begrijpelijk aan de hand van talrijke voorbeelden de evolutieleer voor iedere leek duidelijk maakt, is verkrijgbaar voor de prijs van *f* 24,50 of 475 F. Voor abonnees *f* 17,50 of 335 F. Bij collectieve bestelling (min. 10 exemplaren): *f* 15,– of 285 F.

CELLEN, WEEFSELS en ORGANEN is een studie-atlas met bijna 700 foto's, gemaakt met de scanning-elektronenmicroscoop, die een voortreffelijk beeld geven van de ruimtelijke opbouw van cellen, weefsels en organen. Samenstelling: prof. dr. Richard G. Kessel en dr. Randy H. Kardon van de Universiteit van Iowa, USA. In zwart en grijsdruk, 320 pagina's met 677 foto's en 60 tekeningen. Gebonden in linnen band. Formaat 27,5 x 24 cm. Prijs *f* 94,50 of 1825 F. Voor studenten en abonnees: *f* 65,– of 1250 F.

DE EERSTE DRIE MINUTEN – Het ontstaan van het heelal. Een uitgave over wat er gebeurde in het allervroegste begin, ruim vijftien miljard jaar geleden, ten tijde van de 'Big Bang'. Door prof. dr. Steven Weinberg (V.S.), nobelprijswinnaar fysica, 1979. Gebonden in linnen band met stofomslag, 202 pagina's met ca. 30 foto's en tekeningen in zwart-wit en vierkleurendruk. Formaat 13,5 x 21 cm. Prijs: *f* 40,– of 775 F. Voor abonnees: *f* 30,– of 575 F.

Alle prijzen zijn exclusief verzendkosten!

Deze boeken zijn ook direct in te zien en af te halen op ons Informatiecentrum, Stokstraat 24, Maastricht. U kunt bestellen met de bestelkaart voorin dit nummer.

Zonnewijzers

J.G. van Cittert-Eymers en M.J. Hagen, Zonnewijzers aan en bij gebouwen in Nederland en enige astronomische (toren)uurwerken, De Walburg Pers, Zutphen, 1984, 215 pag., geïllustreerd, *f* 24,–. ISBN 90.6011.230.X.

De zonnewijzerkunde herleeft. Dat blijkt niet alleen uit het aantal publikaties dat in de laatste tien, vijftien jaar verscheen, maar ook uit het aantal nieuw geplaatste en gerestaureerde zonnewijzers. Nostalgie? Daarbuiten zijn de wiskundige bewegingen van licht en schaduw een fascinerend schouwspel, waaruit meer dan alleen de tijd afgelezen kan worden.

Dat zal de gebruiker van dit boek niet ontgaan. 'Gebruiker', omdat het boek goed als naslagwerk benut kan worden. Maar het is meer. Eventuele theoretische lacunes worden helder opgevuld in de eerste veertig bladzijden. Daarin wordt onder meer verteld welke soorten zonnewijzers men kan onderscheiden. Het leeuwendeel van het werk wordt echter gevormd door gedetailleerde beschrijvingen van de vele honderden zonnewijzers die in Nederland zijn aangetroffen. Dit gebeurt per provincie, alfabetisch op plaatsnaam. Telkens worden bijzonderheden vermeld: de soort zonnewijzer (bolvormig, verticaal, kubusvormig en vele andere), de tijdindeling (met lijnen op hele uren, halve en zelfs tot op de minuut) en de vorm van de schaduwgevende 'wijzer': de stijl.

Daarmee is de beschrijving meestal niet af. Vaak werden door de verzamelaars nog andere lijnen op de zonnewijzers aangetroffen. Lijnen die de datum aangeven, of de hoogte van de zon. Op weer andere zonneklokken kan men de tijdstippen van zonsopkomst en ondergang aflezen, of het azimuth (de kompasstreek).

Het een en ander wordt met foto's of tekeningen geïllustreerd. Soms zijn de schrijvers emotioneel betrokken bij het lot van veel zonnewijzers, die vaak in een deerniswekkende staat verkeren. Daarnaast wordt er steeds gewezen op fouten die bij de constructie, bouw of zelfs bij restauratiewerkzaamheden zijn gemaakt. Men moge eruit afleiden dat de zonnewijzerkunde of gnomonica geen volkskunst is geweest.

Achter de beschrijving staat zo mogelijk een literatuurverwijzing. De literatuurlijst achterin zou nog kunnen worden aangevuld met enkele recente Nederlandse artikelen. Veel bijzonderheden zijn na te slaan in een vijftal tabellen achterin.

Juist doordat het aantal gevonden zonnewijzers de afgelopen tien jaar is verdubbeld, zijn er zeker enkele bij de lezer in de buurt te vinden. En anders neemt hij/zij de gids mee op reis. In Haarlem bijvoorbeeld staan er wel veertien en Almere Haven heeft er ook al een.

J.A. Niessen
Redactie-assistent

'Kleine' encyclopedie

Sybil P. Parker (ed.), McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Science and Technology, McGraw-Hill Book Co. GmbH, Hamburg, 1984, 2065 pag.; ISBN 0-07-045482-5. Prijs DM 245.

Deze 'kleine' encyclopedie is samengesteld uit de 15-delige McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology (5e ed, 1982) en aangevuld met enige onderwerpen die niet in de 'grote' staan. Al meer dan 20 jaar geldt de 'grote' encyclopedie als een der meest leidende in haar soort. De encyclopedie bestaat uit een alfabetisch gedeelte met 7300 onderwerpen, te beginnen met 'Aardvark' en eindigend met 'Zythiaceae'. Waar mogelijk zijn kruisverwijzingen aangebracht. Achterin bibliografie en databases, een aanhangsel en een uitgebreide index. De bijdragen voor de encyclopedie kwamen niet alleen uit wetenschap en techniek van de VS, maar ook uit o.a. West-Duitsland, Engeland, Canada, Noorwegen, Denemarken. Wat de inhoud betreft: deze is zeer uitgebreid. Niet alleen de onderwerpen (ik kon niets niet vinden), maar ook de beschrijvingen zijn zeer uitvoerig. De chemische elementen worden behandeld met eigenschappen, voorkomen en van de meest belangrijke worden ook de verbindingen behandeld. Prettig is dat ieder element vergezeld is van het periodiek systeem, zodat een en ander direct te plaatsen is.

Onderwerpen uit de biologie, natuurkunde of wiskunde zijn voorzien van (doorsnee)tekeningen, schema's, formules of foto's (in zwart-wit). Behalve heel gespecialiseerde onderwerpen uit diverse disciplines, worden ook heel triviale zaken behandeld, zoals dichtheid, cilinder, gasfornuis, ijs (om te likken). In ieder geval is de diversiteit van de inhoud frappant. De waarde van een encyclopedie is altijd discutabel. In ieder geval is deze erg handig voor mensen die veel moeten naslaan, controleren, over natuur en techniek (o.a. wij dus) en alle anderen die voor hun werk of hobby veelvuldig gedegen achtergrondinformatie nodig hebben. Een onvermijdelijk nadeel is dat een juiste vertaling van Nederlands naar Engels om op te kúnnen zoeken, soms problematisch kan zijn.

J.A.B. Verduijn

DE AUTEURS

Drs. J.K. van Wijngaarden ('AIDS') werd op 26 juni 1953 in Arnhem geboren. Hij studeerde van 1976 tot 1983 medicijnen aan de Universiteit van Amsterdam. Vanaf 1 januari dit jaar is hij AIDS-beleidscoördinator voor Nederland.

Dr. P. Bentvelzen ('AIDS') werd in 1938 te Den Haag geboren. Van 1955 tot 1962 studeerde hij biologie in Leiden. In de jaren 1963 en 1964 was hij werkzaam bij het National Cancer Institute te Bethesda (VS). Hij promoveerde in 1968 te Leiden. Sinds 1969 is hij verbonden aan het Radiobiologisch Instituut TNO te Rijswijk. Hij doet onderzoek naar het AIDS-virus bij proefdieren en is ook betrokken bij het epidemiologisch onderzoek onder homosexuelen naar de verwekker van AIDS.

Dr. Jamal Nazrul Islam ('De Toekomst van het Heelal') werd geboren in 1939 in het huidige Bangladesh en behaalde in 1964 zijn examens wiskunde en de graad Ph.D. aan het Trinity College in Cambridge. Van 1967 tot 1971 was hij verbonden aan het toenmalige Institute of Theoretical Astronomy van de Universiteit van Cambridge. Hij is gastdocent aan het Institute for Advanced Study in Princeton en aan het California Institute of Technology. Thans doceert hij wiskunde aan de City University van Londen.

Dr. A.M.H. Nolet ('Het NARS-project') werd op 22 september in Schiedam geboren. Hij studeerde van 1963 tot 1972 natuurkunde en geofysica te Utrecht, waar hij in 1976 promoveerde. Van 1972 tot 1975 was hij in dienst van ZWO en vanaf 1975 is hij verbonden aan de afdeling Theoretische Geofysica van de Rijksuniversiteit te Utrecht.

Dr. J.E. de Vries ('Afweer tegen kanker') werd op 4 mei 1944 te Stryen geboren. Hij studeerde biologie en medicijnen te Utrecht en Amsterdam, waar hij in 1976 promoveerde. Sinds 1969 is hij werkzaam op het Nederlands Kanker Instituut (Antoni van Leeuwenhoekhuis), waar hij thans hoofd van de afdeling Immunologie is.

COLUMN

Denken

De vraag of computers (zouden) kunnen denken, de vraag of kunstmatige intelligentie bestaat of bestaanbaar is, houdt heel wat filosofen bezig. Recente nummers van bijv. Wijsgerig Perspectief en van het Duitse boektijdschrift Kursbuch zijn aan die vraag gewijd. De filosofen worden het niet met elkaar eens; dat niet alleen omdat ze nu eenmaal filosofen zijn, maar vooral ook omdat ze op een vreemde manier langs elkaar heen praten. En in dat opzicht zouden ze toch beter moeten weten. Ze gebruiken wel allemaal ongeveer dezelfde woorden om hun vragen te stellen, sterk vergelijkbare termen om tot een antwoord te komen, maar ieder van hen bedoelt met dezelfde woorden iets anders dan de anderen.

Enkelen gaan, in navolging van de grondlegger van de kunstmatige intelligentie Alan Turing, uit van het resultaat. Heel wat mensen, ik onder andere, vinden van zichzelf dat ze denken als ze een bewijs zoeken voor de stelling van Pythagoras. Voor het vinden van zo'n bewijs is, in gebruikelijke termen, intelligentie nodig. Wanneer een computer (hij hoeft niet echt te bestaan, het kan een Turing-machine zijn, een denkbeeldige computer van onbeperkte capaciteit) zo kan worden geprogrammeerd dat hij de stelling van Pythagoras kan bewijzen, dan denkt die computer, dan is hij zelfs intelligent te noemen. Ik bedoel hier uiteraard niet dat er een stappenprogramma voor het bewijs van die stelling is ingevoerd; in dat geval is alleen de programmeur intelligent. Het gaat om machines die een systematiek voor het bewijzen van wiskundige stellingen in het programma hebben, die ze kunnen gebruiken bij verschillende, niet zelf in het programma opgenomen problemen. Om aan de zgn. Turing-test voor kunstmatige intelligentie te voldoen moet de machine vermoedelijk meer kunnen. De test houdt in dat een of meer waarnemers in een kamer zitten met terminals voor zich. In een andere kamer staat de machine en in een derde kamer zit iemand met een terminal. De waarnemers mogen vragen stellen; wanneer ze niet uit de antwoorden kunnen afleiden welke van de machine en welke van de

mens afkomstig zijn heeft machine de toets doorstaan. In het gegeven voorbeeld zou het (wat flauw) al genoeg zijn te vragen wat voor weer het vandaag is, maar het programma moet ook al heel slim in elkaar zitten wil de machine antwoord kunnen geven op een vraag als: waarom heb je de derde stap in je bewijs genomen zoals je hem hebt genomen.

Dat vind ik overigens geen eis die beslist moet worden gesteld om over denken te spreken. Ik vermoed dat menige menselijke kandidaat ook op een niet geheel eerlijke manier van achteren naar voren zal redeneren voordat hij zijn antwoord geeft; bovendien zie ik bepaald geen grote voordelen in het ophangen van het begrip denken aan menselijke activiteit. De effecten van een hijskraan en van een groep havenarbeiders die worden ingezet kunnen identiek zijn: er is na voltooiing van het werk een schip gelost, maar niemand is ooit op het idee gekomen kranen menselijke eigenschappen toe te dichten, dan wel havenarbeiders kraanachtige, omdat beide hetzelfde presteerden: lossen.

De vraag of een computer zou kunnen denken is een andere dan de vraag of de computer menselijk is. Een computer kan alleen tekens verwerken, maar weet nooit wat die tekens 'betekenen'. Een computer weet niet of hij lonen berekent of een baan voor een intercontinentale raket. Ik weet heel goed dat ik nu bezig ben met het schrijven van een column voor Natuur en Techniek.

Toch is dit een filosofisch heel glibberig gebied. Over de vraag of je ooit wel kunt zeggen dat een teken iets betekent, of teken en betekenis wel te onderscheiden zijn, worden in de filosofie stammenoorlogen uitgevochten.

Ik zou een gok willen wagen en betekenis willen terugvoeren op 'raw feels', gewaarwordingen die niet zelf te beschrijven zijn. Vertel maar eens aan iemand die nooit een sinaasappel heeft gezien of geproefd hoe zo'n ding smaakt. Vertel maar een aan iemand die nooit kiespijn heeft gehad wat kiespijn is. Sterker nog, we kunnen op geen enkele manier te weten komen of ik bij het eten van sinaasappel hetzelfde proef als iemand anders, of ik bij verschrikkelijke kiespijn hetzelfde voel als iemand anders. Zulke gewaarwordingen zijn zoiets als voortalig of voor mijn part buitentalig.

Mensen met eenzelfde ervaringswereld kunnen wel met elkaar tekens afspreken om zulke ervaringen te noemen. Wanneer die tekens er eenmaal zijn kunnen ze zelfs worden gebruikt om nieuwe ervaringen tot stand te brengen: een ervaren kok kan zich, bij het lezen van een nieuw recept, voorstellen hoe het gerecht zal gaan smaken. Maar ook al heeft hij het zelf geproefd, hij zal die smaak niet kunnen vertellen aan iemand die niet gewoon is met zulke ingrediënten te koken. Wil hij iets over de smaak meedelen, dan zal hij gewoon het gerecht moeten klaarmaken en laten gewaarworden hoe het smaakt.

Het is natuurlijk heel simpel een computer op het invoeren van het teken voor appendicitis alle symptomen van die ziekte op het scherm te laten brengen, of de symptomen in te tikken en de computer de diagnose appendicitis te laten geven. Maar dat is iets heel anders dan mensen meemaken. Die voelen, of ze ooit van een appendix hebben gehoord of niet, pijn, en dat is maar goed ook, want als daar niet gauw iets aan wordt gedaan zullen ze vermoedelijk sterven.

Computers kunnen dus wat mij betreft denken en met name in het logisch verwerken van tekens zijn ze in vele opzichten al beter dan ik en hebben ze nog de mogelijkheid beter te worden dan de meesten. Maar we moeten de zaak niet gaan omkeren. Een hijskraan is geen maat voor menselijkheid omdat hij beter of in elk geval efficiënter lost dan mensen. We moeten ook niet de computer, omdat hij bepaalde functies beter kan dan mensen, tot maatstaf maken voor mensen: het is niet goed communiceren in tekens met een betekenis af te zweren als niet-denken omdat de computer dat niet kan (en de computer wel kan denken). Dat zou een saaie wereld worden.

Iemand heeft eens het destijds roemruchte profiel van de Franse actrice Sarah Berhard in een Fourrierreeks beschreven. Het zou me verbazen als die reeks nog dezelfde aantrekkingskracht heeft gehad als datgene dat werd beschreven.

A. de Kool

Toekomst

In strikte zin zou men het artikel van J.M. Islam over de toekomst van het heelal een specimen van doemdenken kunnen noemen: wat er ook gebeurt, hoe het universum ook precies in elkaar steekt, het gaat in elk geval wel een keer goed fout, al moet worden toegegeven dat het nog wel even kan duren voor het zover is. Zo lang in elk geval, dat we ons in feite over de inhoud van het artikel geen zorgen hoeven te maken.

We kunnen ons er eerder in vermeien dat het mogelijk is dat er zulke artikelen worden geschreven, dat er zulke dingen kunnen worden gedacht. Het hele stuk ligt zeer ver buiten de schaal van menselijke ervaringen. De eenheden waarin wordt gewerkt lopen van 10^{-30} s tot $10^{10^{76}}$ jaar terwijl de grenzen van het menselijke bevattingsvermogen ergens liggen bij 10^{-1} s en $10^{10^{0}}$ jaar.

Het vreemdste is misschien nog wel, dat we ons desondanks wel iets voorstellen, dat we iets voor ons zien van de wezenlijk onvoorstelbare fysische verschijnselen die zich in de toekomst van het heelal zouden afspelen, waarbij we in gedachten lustig protonen vergroten tot knikkerachtige proporties, en melkwegstelsels of zelfs het hele heelal reduceren tot overzichtelijke afmetingen. Processen die miljarden maal miljarden jaren duren spelen zich daarbij in onze fantasie af in seconden. Hebben we dan ook nog de brutaliteit kwantummechanische verschijnselen te mismaken door er ons – desnoods in het geniep – klassieke voorstellingen van te vormen, dan doen we paradoxaal genoeg met behulp van deze 'pogingen tot begrip' in feite volledig afstand van ook maar proberen te begrijpen waar het precies over gaat.

In dit opzicht is het waarschijnlijk maar goed, dat berekeningen zoals die de basis vormen voor het artikel van Islam met computers worden gemaakt. Die verwerken gewoon de gegevens, hebben geen behoefte zich iets als een ervaarbare fysische werkelijkheid voor te stellen. Juist in dit gebied van de menselijke kennis, waarbij elke poging tot 'begrijpen' vanzelfsprekend onjuistheden introduceert, zou het puur tekensverwerkende karakter van computers wel eens grote voordelen kunnen hebben. En dat, misschien nog meer dan rekensnelheid en capaciteit, zou wel eens een goede reden kunnen zijn waarom een andere voorspelling op dit gebied zou kunnen worden bewaarheid, namelijk die van Stephen Hawking in het oktobernummer van vorig jaar, dat het einde van de theoretische fysica als menselijke activiteit in zicht is.

Maar hoe de theorieën ook tot stand komen, duidelijk is dat ze in hoge mate speculatief zijn, allemaal berusten op mogelijkheden, op veronderstellingen over dingen die zo zouden kunnen zijn, maar evengoed anders, en als ze anders zijn klopt het hele verhaal niet meer. Men kan bijv. wel een berekening maken voor het geval dat er niet-waarneembare achtergrondneutrino's zouden bestaan, maar voorlopig komen we nog 'gewone' zonne-neutrino's tekort. En, zoals de auteur zelf al zegt, als het proton inderdaad onstabiel blijkt te zijn, komt er op véél kortere termijn een eind aan dan zijn theorieën nu voorspellen. Met die experimenten is men nu bezig. Fysica kan echt wel spannend zijn.

Een elektronenmicroscopische opname van een T-cel. T-cellen vormen een essentieel onderdeel van het natuurlijke afweersysteem van het menselijk lichaam. Vooral de T-cellen lijken bij AIDS aangetast. Als gevolg van de gestoorde afweer kunnen patiënten met AIDS ziek worden door zeer verschillende aandoeningen. Eén van deze aandoeningen is het Kaposi-sarcoom, een overigens zeldzame vorm van huidkanker. Op de inzet is Kaposi-sarcoom met de typisch blauw-rode kleur van de huidafwijkingen op de hiel te zien.

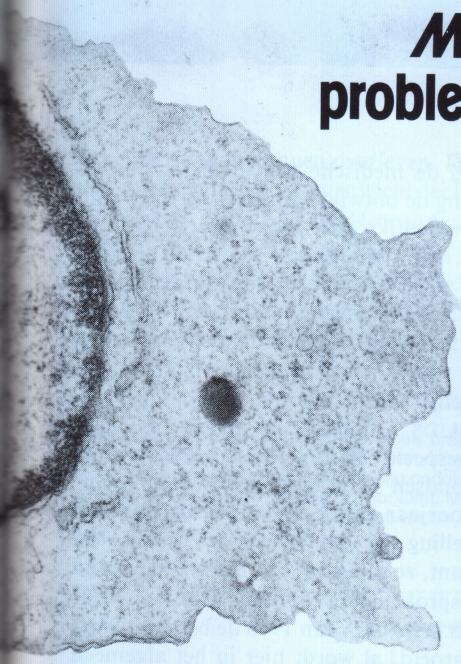
J.K. van Wijngaarden

Landelijk beleidscoördinator AIDS
GG en GD, Amsterdam

AIDS

ACQUIRED IMMUNE DEFICIENCY SYNDROME

Meer dan een medisch probleem



AIDS is in korte tijd sterk in de belangstelling komen te staan. Het gaat om een ernstige, vaak dodelijk verlopende ziekte, die meestal jonge mensen treft. De ziekte was tot voor enkele jaren onbekend en plaatst medische onderzoekers tot nu toe voor vele raadsels. AIDS is vrijwel zeker besmettelijk en er wordt in de gehele wereld een sterke stijging van het aantal patiënten gezien. De verspreiding verloopt volgens ongeveer hetzelfde patroon als hepatitis B (een besmettelijke vorm van geelzucht). Mede daarom vermoedt men dat een nog onbekend virus AIDS veroorzaakt en dat besmetting kan plaatsvinden door bloed, bloedprodukten of intiem (homo)sexueel contact.

AIDS is niet alleen een medisch probleem. Preventie, voorlichting, opvang en begeleiding van (potentiële) patiënten, onderzoek en het voorkómen van irrationele angst zijn evenzeer aspecten die bij de aanpak van de vele problemen rond AIDS een essentiële rol spelen.

Geschiedenis

In 1980 en 1981 worden in ziekenhuizen in enkele grote steden in de Verenigde Staten ernstig zieke patiënten van jonge leeftijd opgenomen, die vrijwel direct de aandacht trekken door het vreemde ziektebeeld dat ze vertonen. Eind 1981 wordt de medische wereld opgeschrikt door een themanummer van één van de meest vooraanstaande medische vakbladen 'The New England Journal of Medicine'. Hierin wordt uitgebreid verslag gedaan van de ziektegeschiedenissen van deze groep patiënten van wie men vermoedt dat ze allemaal aan eenzelfde, nog onbekende ziekte lijden. Kort hierop worden ook in Nederland en België de eerste patiënten met deze ziekte gezien, waarvoor langzamerhand de benaming 'AIDS' algemeen ingang vindt.

Men is er nu zeker van dat het om een nieuwe ziekte (syndroom) gaat die aan het einde van de jaren zeventig in de westerse wereld zijn intrede heeft gedaan. Mede dank zij intensief speurwerk van de 'Centers for Disease Control' (CDC) in de Verenigde Staten wordt al vrij snel duidelijk dat met name drie groepen mensen AIDS krijgen: homosexuele mannen, intraveneuze druggebruikers en emigranten uit Haïti.

Hoewel de medische wereld met grote belangstelling de ontwikkelingen volgt en er vanaf 1982 wekelijks publikaties over AIDS verschijnen, komt het onderzoek naar de oorzaak en geneeswijze door gebrek aan middelen in de Verenigde Staten slechts moeizaam op gang. Het duurt geruime tijd voordat de autoriteiten de ernst van de situatie inzien. Het feit dat aanvankelijk alleen mensen uit 'randgroeperingen' AIDS krijgen, heeft hierbij mogelijk een rol gespeeld. Pas in 1983 komen op grote schaal fondsen voor onderzoek beschikbaar. In het voorjaar van 1983 bereikt de publieke belangstelling in de Verenigde Staten een hoogtepunt, zodanig dat van een hysterie rond AIDS gesproken kan worden. Ook in West-Europa is in de loop van 1983 de belangstelling sterk gegroeid, al wordt hier in het algemeen nuchterder en meer afstandelijk gereageerd.

Gestoorde afweer

AIDS is de afkorting van Acquired Immune Deficiency Syndrome; dat betekent: een verworven deficiëntie (te kort schieten) van de natuurlijke afweer van het menselijk lichaam. Het syndroom (groep samen voorkomende ziekteverschijnselen) is daarom zo gevaarlijk omdat een goed functionerende afweer nood-

zakelijk is om te kunnen overleven. De mens is een organisme dat in evenwicht leeft met tal van andere organismen. De evolutie heeft ervoor gezorgd dat we ons kunnen wapenen tegen indringers die het evenwicht verstoren.

Het afweersysteem, de immuniteit, is het 'orgaan' dat speciaal met deze taak is belast.

Linksboven: Epidemiologisch onderzoek bracht al snel aan het licht dat immigranten uit Haïti een risicogroep vormen met betrekking tot AIDS. Het is nog onduidelijk waarom juist bij hen relatief veel AIDS voorkomt. Mede omdat veel Haïtianen illegaal de VS binnenkomen, is dit een groot probleem.

Hoewel het een zeer ingewikkeld systeem is, kent iedereen uit eigen ervaring de werking: ziek zijn is vaak niets anders dan de uiting van de strijd die het afweersysteem aangaat met de indringers. Het is een zeer effectief systeem: meestal word je maar zelden ziek en verreweg de meeste infectieziekten kan het lichaam, al dan niet met enige medische hulp, de baas.

De indringers die bestreden moeten worden zijn micro-organismen, zeer kleine en niet zichtbare 'beestjes' die overal voorkomen. Voorbeelden zijn bacteriën, die diarree of steenpuisten kunnen veroorzaken, virussen die bijvoorbeeld verkoudheden en griep geven of schimmels die de mond infecteren, in de vorm van spruw.

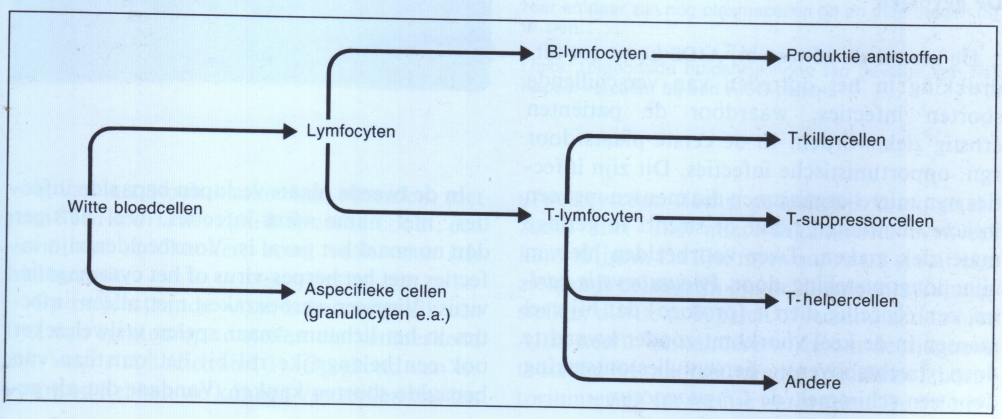
Op deze wijze kun je je voorstellen wat er gebeurt als het afweersysteem niet meer goed functioneert. Het lichaam komt bloot te staan aan vele infecties met micro-organismen, die niet meer zelf bestreden kunnen worden.

Immunologische aspecten

Het afweersysteem zit zeer ingewikkeld in elkaar en pas de laatste decennia heeft men meer inzicht gekregen in de wijze waarop het functioneert. Grofweg kan gesteld worden dat de witte bloedcellen de afweer vertegenwoordigen. Er zijn vele soorten witte bloedcellen, die alle een aparte rol vervullen (zie fig. 1).

Boven: Intraveneuze druggebruikers vormen eveneens een risicogroep. De overdracht van de ziekte gebeurt vrijwel zeker door besmette naalden te gebruiken.

Onder: Fig. 1. De witte bloedcellen. Bij AIDS lijken met name de T-helpercellen te zijn aangetast.



Een belangrijk onderscheid kan gemaakt worden tussen cellen die min of meer ongericht aanvallen en cellen die specifiek op één bepaalde indringer afgaan. Deze laatste groep wordt gevormd door de zgn. lymfocyten. Ook daarin zijn twee belangrijke groepen te onderscheiden, de zgn. B-lymfocyten en de T-lymfocyten. De B-lymfocyten zijn verantwoordelijk voor de produktie van antistoffen. Dit zijn eiwitten die specifiek gericht zijn tegen lichaamsvreemde stoffen (die zich bijvoorbeeld op het oppervlak van een binnendringende bacterie bevinden). De antistoffen binden zich aan de indringer en deze kan dan gemakkelijker door andere cellen onschadelijk worden gemaakt.

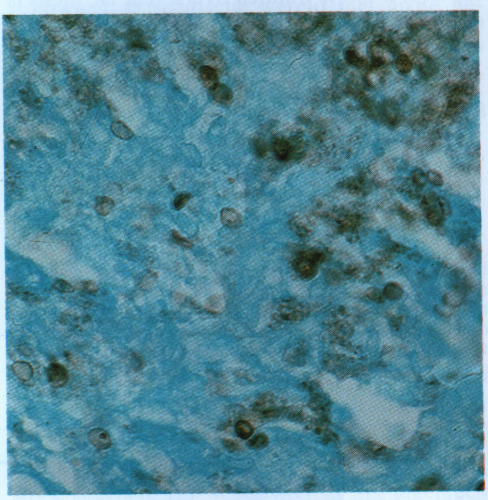
Niet altijd lukt dit, bijvoorbeeld als de indringer zich in een lichaamscel 'verstopt'. Dan komt de andere groep in actie, de T-lymfocyten, die gericht de indringers te lijf gaan, met cel en al.

Uiteraard is bovenstaande een schematische weergave van de werkelijkheid, want de verschillende soorten cellen werken nauw met elkaar samen waardoor in het gehele systeem tal van sturingsmechanismen zijn ingebouwd.

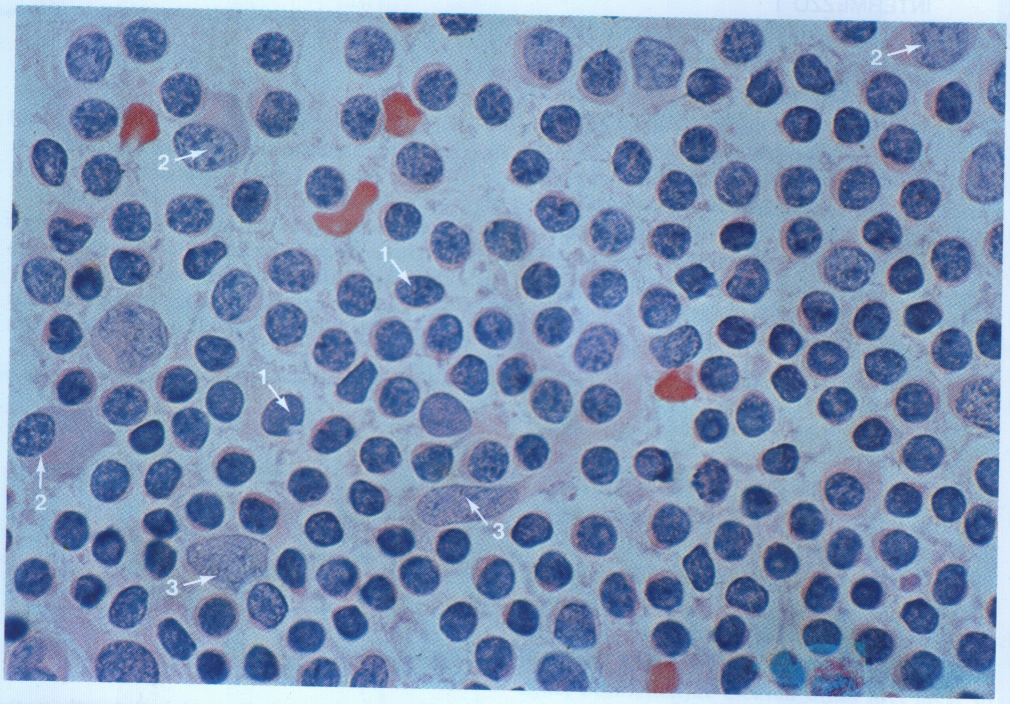
Bij AIDS lijkt vooral de groep van T-lymfocyten te zijn aangetast. Er zijn T-lymfocyten die een belangrijke rol spelen bij het op gang brengen van de afweer. Deze cellen heten 'helper'-cellen (zie fig. 1). Met name deze cellen zijn grotendeels of geheel uit het bloed verdwenen bij AIDS-patiënten. De B-lymfocyten lijken eveneens van slag. Ze gaan ongericht grote hoeveelheden antistoffen produceren, mogelijk om het tekort aan T-cellen te compenseren.

De gevolgen

De gestoorde afweer bij AIDS komt tot uitdrukking in het optreden van verschillende soorten infecties, waardoor de patiënten ernstig ziek worden. In de eerste plaats door zgn. opportunistische infecties. Dit zijn infecties met micro-organismen die mensen met een intacte immuniteit nooit of slechts in geringe mate ziek maken. Twee voorbeelden hiervan zijn: longontsteking door *Pneumocystis carinii,* een ééncellig diertje (protozo) dat bij veel mensen in de keel voorkomt zonder kwaad te doen (rechtsboven); hersen(vlies)ontsteking door een schimmel, de *Cryptococcus.*



In de tweede plaats verlopen bepaalde infecties, met name virus-infecties, veel heftiger dan normaal het geval is. Voorbeelden zijn infecties met het herpes-virus of het cytomegalievirus. Virussen veroorzaken niet alleen infecties in het lichaam, maar spelen vrijwel zeker ook een belangrijke rol bij het ontstaan van bepaalde soorten kanker. Vandaar dat als ge-



Linksboven: Herpes is een veel voorkomende, maar onschuldige aandoening. Door de verminderde weerstand kan bij een AIDS-patiënt een herpes-infectie echter een zeer heftig en soms dodelijk verloop krijgen.

Geheel links: Deze zwart gekleurde cystes van de *Pneumocystis carinii* worden soms massaal in de longen van AIDS-patiënten aangetroffen. Longontsteking door *Pneumocystis carinii* is een van de opportunistische infecties die vaak bij AIDS voorkomt.

Boven: Een preparaat met cellen verkregen uit een lymfklier. Er zijn meerdere typen cellen te onderscheiden. De meerderheid wordt gevormd door T- en B-lymfocyten (1). Hier en daar zijn nog plasmacellen (2) en macrofagen (3) te zien.

Links: Uitgebreide huidafwijkingen ten gevolge van het Kaposi-sarcoom bij een AIDS-patiënt.

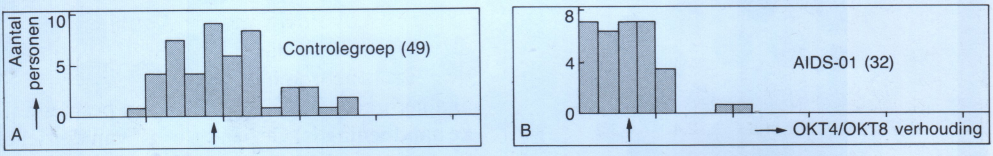
volg van AIDS ook kanker kan optreden; met name één soort, het zgn. Kaposi-sarcoom, een vorm van huidkanker, komt vaak voor (zie hierboven).

Op bovenstaande wijze is het mogelijk een lijst van ziekten op te stellen die kenmerkend zijn voor AIDS (zie tabel 1). Op grond van ervaringen hebben we kunnen vaststellen dat het afweersysteem slechts gedeeltelijk is aangetast zodat niet alle micro-organismen evenveel kans krijgen. De lijst met voor AIDS specifieke ziekten is belangrijk om de diagnose te kunnen stellen, d.w.z. te bepalen of iemand al dan niet AIDS heeft. Een andere wijze om de diagnose te stellen bestaat niet, omdat specifieke laboratoriumtesten tot nu toe ontbreken. De vele af-

België

In België zijn relatief veel AIDS-patiënten (60 in maart 1984) waarvan het overgrote deel afkomstig is uit Zaïre, het voormalige Belgisch Kongo. Deze patiënten waren tevoren gezond en hebben als groep geen bijzondere kenmerken. Belgische en Amerikaanse onderzoekers zijn onlangs in Zaïre geweest en hebben getracht een indruk te krijgen van de epidemie van AIDS in dat land. Hoewel exacte gegevens nog niet voorhanden zijn, lijkt het er wel op dat AIDS uitgebreid in Zaïre en enkele omringende landen voorkomt. Om te weten te komen wat er precies gaande is, zal meer onderzoek gedaan moeten worden.

België en Frankrijk spelen bij dit onderzoek een belangrijke rol gezien de traditionele banden met deze Afrikaanse landen. Onderzoek ter plekke is nodig om de vraag te beantwoorden hoe AIDS bij inwoners uit deze landen wordt



wijkingen die we in het afweersysteem bij AIDS-patiënten vinden, komen namelijk ook bij andere ziekten voor of worden chronisch bij gezonde mensen aangetroffen, zonder dat de betekenis hiervan duidelijk is (zie fig. 2).

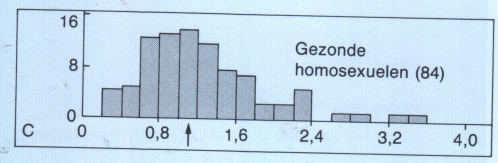
De verschillende ziekten die optreden als gevolg van de gestoorde afweer, bepalen de 'prognose' van een AIDS-patient. Veel van de infecties en ook het Kaposi-sarcoom kunnen door artsen in het ziekenhuis behandeld worden. De achterliggende oorzaak, de stoornis in de immuniteit kan echter niet behandeld worden. Ondanks vele pogingen daartoe, is nog geen middel gevonden om de afweer te herstellen. Zelfs geavanceerde technieken als beenmergtransplantaties bleven tot nu toe zonder resultaat.

TABEL 1. **Levensbedreigende opportunistische infecties door AIDS. Hiervoor zijn verschillende micro-organismen verantwoordelijk.**

Virussen	Gegeneraliseerde cytomegalievirus-infectie
	Progressieve Herpes-simplex-infectie
	Progressieve multifocale leukoencofalopathie
Schimmels	Candidiasis-infectie van de slokdarm
	Meningitis door cryptococcus
	Aspergillus pneumonia
Bacteriën	Gegeneraliseerde *M. avium-intracellulare*-infectie
Protozoën	*P. carinii* pneumonia
	T. gondii encefalitis
	Cryptospoidium enteritis

overgedragen, waarom iedereen daar risico loopt en er niet, zoals in de westerse wereld, bepaalde risicogroepen bestaan.

Eveneens een belangrijke vraag is in dit verband waarom mensen uit Zaïre en Haïti wel AIDS krijgen en inwoners van bijvoorbeeld Kenia en Jamaica niet. Antwoorden op deze vragen kunnen onze kennis omtrent AIDS belangrijk vergroten.



Boven: Fig. 2. De bepaling van de OKT4/OKT8-ratio (de verhouding tussen verschillende subpopulaties T-lymfocyten in het bloed) is één van de laboratoriumtesten die bij AIDS gebruikt wordt. Bij alle AIDS-patiënten toont de uitslag een te lage waarde. Uit de figuur blijkt echter dat de test niet specifiek genoeg is, gezien de grote overlap met gezonde mensen. Het pijltje geeft het gemiddelde van de groep aan.

Dat betekent dat patiënten met AIDS voortdurend met een tijdbom moeten leven: elk moment kunnen ze opnieuw ziek worden. Veel patiënten overlijden na korte of lange tijd omdat ze een ziekte krijgen waarvoor geen geneesmiddel is of omdat ze door alle voorafgaande ziekten zo verzwakt zijn dat ze, ondanks geneesmiddelen, bezwijken. Maar liefst tachtig procent van de patiënten is twee jaar na het stellen van de diagnose overleden (zie tabel 2). Dit sterftecijfer maakt dat AIDS één van de meest dodelijke ziekten is die de medische geschiedenis ooit gekend heeft!

Epidemiologie

De epidemiologie, de leer over hoe een ziekte zich verspreidt, heeft veel duidelijk gemaakt over de kenmerken van AIDS. Van begin af aan vermoedde men dat AIDS een besmettelijke aandoening is. Gezien de ernst van de ziekte heeft dit aanleiding gegeven tot grote ongerustheid. In de westerse wereld bestaan dodelijke, besmettelijke ziekten bijna niet meer of kunnen goed behandeld worden door de komst van antibiotica en de ontwikkeling van een aantal vaccins.

Gealarmeerd door de snelle stijging van het aantal patiënten (zie tabel 2) hebben de CDC's (Centers for Disease Control) al snel pogingen ondernomen precies na te gaan hoe AIDS zich verspreidt, wie risico loopt en waar het eigenlijk allemaal begonnen is (zie tabel 3 en 4).

TABEL 2. **De sterfte ten gevolge van AIDS in de USA, van 1979 tot midden 1983.**

	Aantal gevallen	Aantal doden	Percentage dodelijke afloop
Januari - juli 1979	1	1	100
Juli - december 1979	7	6	86
Januari - juli 1980	18	14	78
Juli - december 1980	25	24	96
Januari - juli 1981	73	59	81
Juli - december 1981	154	113	73
Januari - juni 1982	314	165	53
Juli - december 1982	544	197	36
Januari - juni 1983	768	159	21
1-26 juli 1983	12	2	17
	1922	743	39

Mede dank zij de inspanningen van deze instelling en soortgelijke pogingen in andere landen hebben we nu een vrij nauwkeurig beeld van het gedrag van AIDS. We vermoeden nu dat de ziekte wordt overgedragen door bloed of bloedprodukten afkomstig van een besmette donor of door intiem (homo)sexueel contact met een besmet persoon.

Deze wijze van overdracht geldt in ieder geval in de westerse landen. Het bestaan van een aantal omschreven risicogroepen voor het krijgen van AIDS kan hiermee verklaard worden: homosexuele mannen met veel wisselende contacten lopen risico door hun sexuele gedrag; heroïnespuiters door spuiten van anderen te gebruiken. Hemofiliepatiënten, dat zijn mensen die aan een bloederziekte lijden, lopen risico doordat ze voor de behandeling van hun ziekte, bloedprodukten krijgen die afkomstig zijn van vele donoren. Tenslotte zijn Haïtianen ook een risicogroep. Natuurlijk lopen de sexuele partners van leden uit een bepaalde groep ook risico's. Het bestaan van een aantal omschreven risicogroepen is in zekere zin geruststellend. Het betekent namelijk dat mensen die niet tot deze groepen behoren (tot nu toe) nauwelijks kans lopen met de ziekte besmet te raken.

Epidemiologisch onderzoek heeft nog een ander belangrijk gegeven aan het licht gebracht: de incubatietijd van AIDS is lang, variërend van zo'n zes maanden tot mogelijk vier jaar. Onder incubatietijd verstaan we de perio-

TABEL 3. **Verdeling van patiënten over risicogroepen (maart 1984).**

	Mannen	Percentage gevallen van mannen	Vrouwen	Percentage gevallen van vrouwen	Totaal	Percentage totaal aantal gevallen
Homosexueel of bisexueel	2819	76,6	0	0,0	2819	71,3
Intraveneuze druggebruiker	547	14,9	150	55,1	697	17,6
Haïtiaan	141	3,8	24	8,8	165	4,2
Hemofilie-patiënt	28	0,8	0	0,0	28	0,7
Geen risicogroep/ onbekend	147	4,0	98	36,0	245	6,2
Totaal	3682	100	272	100	3954	100

Links: Bloedbanken in de Verenigde Staten werken vaak op commerciële basis. Donoren die bloed geven, krijgen dan een vergoeding. Het is voorstelbaar dat bijv. heroïnespuiters, die veel geld nodig hebben voor hun dagelijkse shots, trachten hun inkomen te vergroten door vele malen bloed te geven. Dit kan tot gevolg hebben dat AIDS via transfusies met bloed of bloedprodukten verder verspreid wordt.

ten met AIDS in West-Europa homosexuele of bisexuele mannen. In Nederland zijn er nu (mei 1984) 16 patiënten geregistreerd; in België 60. Dit aantal lijkt klein maar de situatie in de Verenigde Staten leert ons dat de epidemie langzaam op gang komt, maar daarna in steeds hoger tempo slachtoffers gaat eisen.

Dit komt tot uitdrukking in een exponentiële curve door een verdubbeling van het aantal patiënten in een steeds gelijke tijdsperiode. Geschat wordt dat de curve hier zo'n drie jaar achter loopt op die van New York, het gebied met relatief de meeste AIDS-patiënten. We

TABEL 4. **Overzicht van het aantal AIDS-patiënten in verschillende steden in de USA (midden 1983).**

	Aantal	Percentage van totale aantal
New York	853	44,4
San Francisco	226	11,7
Los Angeles	134	7,0
Miami	81	4,2
Newark	57	3,0
Elders	571	29,7
	1922	100

de tussen besmetting en het tijdstip waarop de diagnose gesteld kan worden. Zo'n lange periode kan betekenen dat iemand maanden of zelfs jaren rondloopt zonder ziek te zijn, maar toch de ziekte over kan dragen aan anderen. Een ander gevolg is dat als iemand bijvoorbeeld homosexueel contact heeft gehad met een AIDS-patiënt, hij jaren in onzekerheid moet verkeren of hij al dan niet besmet is. De lange incubatietijd is één van de factoren die bestrijding van AIDS erg moeilijk maakt.

Het verloop van de epidemie in de Verenigde Staten en West-Europa (zie tabel 5) maakt het mogelijk een verwachting uit te spreken over ontwikkelingen in de komende jaren. Als we afzien van de slachtoffers uit Centraal Afrika, is ongeveer 95 procent van de patiënmoeten daarom rekening houden met een sterke stijging van het aantal patiënten in de volgende twee jaar. Of de epidemie in West-Europa uiteindelijk dezelfde omvang zal hebben als in de Verenigde Staten, hangt van vele factoren af; onder meer van de maatregelen die genomen zijn om verdere verspreiding te voorkomen.

Het tijdstip waarop AIDS binnen de groep van intraveneuze druggebruikers gaat voorkomen lijkt een kwestie van tijd, omdat Europese junkies niet 'anders' zijn dan Amerikaanse.

Voor de hemofiliepatiënten is de situatie in Nederland en België gunstiger, onder meer omdat bij ons al in een vroeg stadium aan de mensen die behoren tot de risicogroepen, gevraagd is zich terug te trekken als bloeddonor.

TABEL 5. **Overzicht van het aantal AIDS-patiënten in Europa (oktober 1983).**

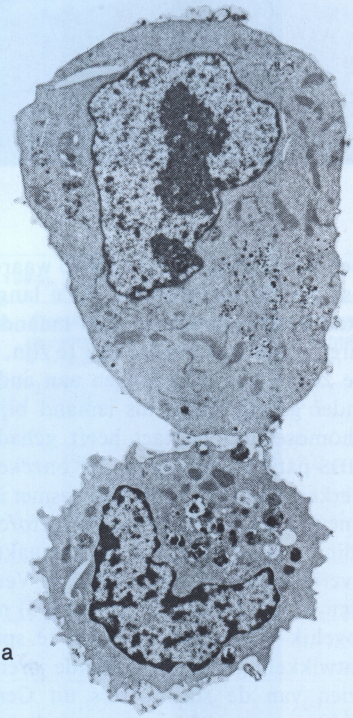
Jaar van diagnose	Vóór 1979	1979	1980	1981	1982	1983	Totaal
België			2	4	8	24	38
Denemarken			1	2	4	6	13
Duitsland - West	1	1			7	33	42
Duitsland - Oost							0
Finland						2	2
Frankrijk	6	1	5	5	30	47	94
Griekenland							0
Groot-Brittannië				2	5	17	24
Hongarije							0
Ierland						2	2
Italië	1				2		3
Joegoslavië							0
Luxemburg							0
Nederland					3	9	12
Noorwegen						2	2
Polen							0
Spanje				1	1	4	6
USSR							0
Zweden					1	3	4
Zwitserland			2	3	5	7	17
Totaal	8	2	10	17	67	164	268

De oorzaak

Van het begin af aan is over de gehele wereld gezocht naar de oorzaak van AIDS. Uitgedaagd door de vele raadsels rondom AIDS zijn veel wetenschappers aan het werk gegaan, zodra voldoende middelen voor onderzoek vrijkwamen. Wekelijks verschijnen artikelen in medische tijdschriften waarin verslag van dit onderzoek wordt gedaan. Het totaal aantal publikaties is inmiddels boven de 1000 gestegen.

Ondanks deze enorme inspanning is de oorzaak van AIDS nog niet bekend. Iedere hypothese moet antwoord kunnen geven op uiteenlopende vragen als: Waar is AIDS ooit begonnen? Is het werkelijk een nieuwe ziekte? Wat zijn de risicofactoren en hoe wordt AIDS precies overgedragen? Zijn er meer factoren of is slechts één factor verantwoordelijk voor AIDS?

Het onderzoek tot nu toe is vooral gedaan bij AIDS-patiënten zelf of mensen die mogelijk binnen afzienbare tijd AIDS zullen krijgen. De centrale vraag is natuurlijk hoe het komt dat het afweersysteem deficiënt raakt en zich blijkbaar niet meer kan herstellen.



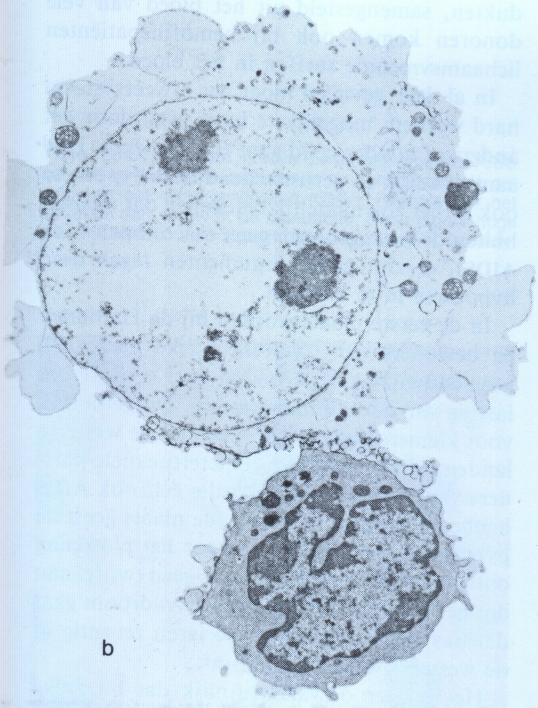
a

Zoals al uiteen is gezet, heeft epidemiologisch onderzoek al veel eigenschappen van AIDS aan het licht gebracht. Deze eigenschappen maken het waarschijnlijk dat de oorzaak gezocht moet worden bij een infectieus agens, dat wil zeggen een virus, een bacterie of een ander micro-organisme. Gezien het gedrag van de ziekte is bijna iedereen het er over eens dat het daarbij om een virus gaat, dat waarschijnlijk vooral cellen van het afweersysteem infecteert.

Bij het onderzoek doen zich twee grote problemen voor. In de eerste plaats is onderzoek naar virussen in het algemeen erg moeilijk. Een virus bestaat uit een stukje DNA of RNA, omgeven door enkele eiwitten. Het is zo klein dat het niet met een gewone microscoop te zien is. Een virus heeft, om zich te vermenigvuldigen, lichaamscellen nodig; het virus parasiteert als het ware op het apparaat van de cel. Het is daarom niet direct te kweken en voor onderzoek te gebruiken. Een virus kan zich ook in het lichaam verstoppen, bijvoorbeeld door deel uit te gaan maken van het DNA in een celkern. Ook het meten van de reactie van het lichaam op een virusinfectie, door het onderzoeken van antistoffen tegen eiwitten van het virus, is niet mogelijk zolang we niet weten om welk virus en dus welke antistoffen het gaat.

Het tweede grote probleem hangt met het karakter van de ziekte zelf samen. Door het gedeeltelijk ontbreken van de afweer is elke AIDS-patiënt vatbaar voor de meest uiteenlopende infecties. Welk micro-organisme je ook isoleert bij een AIDS-patiënt, je weet niet of het de oorzaak is van AIDS (de immunodeficiëntie teweeg heeft gebracht) of een gevolg (het lichaam heeft kunnen binnendringen bij gebrek aan voldoende afweer).

Eenzelfde probleem doet zich voor bij onderzoek bij mensen die mogelijk in het prodromale stadium verkeren. Een voorbeeld: Onderzoek heeft uitgewezen dat AIDS-patiënten soms antistoffen hebben tegen het Humaan T-lymfocyten Leukemie Virus (HTVL); een relatief zeldzaam virus, waarvan bekend is dat het



De aanval van een 'killer' T-lymfocyt (onder) op een kankercel (boven) die daardoor onschadelijk wordt gemaakt (a). Na verloop van tijd (b) is de kankercel vernietigd en begint uiteen te vallen. Dit is één van de mechanismen die het afweersysteem kan gebruiken om het lichaam te beschermen. Juist de activiteit van de T-lymfocyten is bij AIDS gestoord.

een bepaalde vorm van bloedkanker kan veroorzaken. Omdat antistoffen tegen HTVL niet bij alle AIDS-patiënten worden aangetroffen, rijst onmiddellijk de vraag of besmetting met HTLV oorzaak of gevolg is van verminderde afweer. Om het allemaal nog ingewikkelder te maken, is het ook mogelijk dat het oorzakelijk virus (bijvoorbeeld het HTLV) soms al lang weer uit het lichaam verdwenen is op het moment dat duidelijk wordt dat iemand AIDS heeft of binnen afzienbare tijd zal krijgen. De schade die bij besmetting wordt aangericht, uit zich dan pas in een later stadium. Onderzoek bij patiënten kan ons in zo'n geval weinig of niets vertellen over de oorzaak.

Het bovenstaande illustreert de problemen die zich voordoen bij het onderzoek naar AIDS; dit maakt dat een antwoord niet op korte termijn te verwachten is.

Economische en sociale aspecten van AIDS

De explosieve toename van het aantal lijders aan AIDS in de Verenigde Staten is nog niet afgevlakt. Dit verloop en de overweging dat in West-Europa het patroon van de epidemie niet anders zal zijn, maken het nodig op dit ogenblik al veel aandacht te schenken aan de problemen die daardoor over enige tijd kunnen ontstaan.

In de Verenigde Staten verdubbelde het aantal patiënten elke zes maanden, hetgeen betekent dat in 1985 20000 gevallen bekend zullen zijn, waarvan een deel dan overleden is. In het universiteitsziekenhuis van Californië te Los Angeles (UCLA) is de ervaring dat de gemiddelde patiënt met AIDS 2 tot 3 maanden in het ziekenhuis verblijft, waarvan 1 tot 3 weken in de 'intensive care'. De gemiddelde kosten per geval worden alleen voor het ziekenhuis geschat tussen de 50000 en 100000 dollar.

Op de totale kosten van de volksgezondheid zal dit ook voor ons géén groot bezwaar vormen, maar voor die gespecialiseerde ziekenhuizen, waar de patiënten worden geconcentreerd en die momenteel wat hun uitgaven betreft zijn gebonden aan vastgestelde budgets, kan dit wel belangrijke consequenties hebben als het aantal patiënten toeneemt. Tot dusverre is de ziekte ongeneeslijk. De kosten van nier-, lever-, beenmerg- en harttransplantaties zijn van dezelfde orde per patiënt. Daar is het percentage genezingen aanzienlijk en neemt nog steeds toe met de opgebouwde ervaring. Het is hier zeer moeilijk deze behandelingen via normale kanalen vergoed te krijgen. Ik verwacht niet dat er moeilijkheden zullen rijzen over de verpleegkosten van AIDS-patiënten, evenmin als dat het geval is bij de kosten die gemaakt worden voor de langdurige

Overbelasting

Veel aandacht heeft men besteed aan de vraag of, naast een infectieus agens, ook andere factoren een rol spelen bij het al dan niet vatbaar zijn voor AIDS. Een belangrijke bijdrage in deze discussie is de veronderstelling dat bij de risicogroepen voor AIDS sprake is van een overbelasting van het afweersysteem. De overbelasting zou dan als gevolg hebben dat het immuunsysteem minder goed gaat werken. Het lichaam wordt op deze wijze vatbaarder voor infecties die bij een normaal werkend afweersysteem geen kans krijgen. Een micro-organisme dat AIDS veroorzaakt kan op deze wijze ook toeslaan en daarmee het afweersysteem nog verder verzwakken.

Er zijn argumenten die pleiten voor een dergelijke hypothese. Homosexuele mannen met veel wisselende partners staan door hun manier van sexueel contact veelvuldig bloot aan lichaamsvreemde stoffen in de vorm van sperma, bacteriën, virussen, e.d. Intraveneuze druggebruikers spuiten heroïne in, die vermengd is met allerlei stoffen en vaak verontreinigd is met micro-organismen. Bovendien gebeurt het spuiten zelf ook vaak niet hygiënisch. Door de toediening van bloedprodukten, samengesteld uit het bloed van vele donoren komen ook bij hemofiliepatiënten lichaamsvreemde stoffen in het bloed.

In al deze gevallen moet het afweersysteem hard werken; mogelijk te hard, waardoor het anders of minder goed gaat functioneren. Hoe aantrekkelijk en geruststellend deze hypothese ook is (het zou namelijk betekenen dat mensen buiten de risicogroepen geen risico lopen voor AIDS), er zijn goede argumenten *tegen* deze hypothese in te brengen.

In de eerste plaats worden bij de Haïtianen en bewoners van Centraal-Afrika met AIDS geen aanwijzingen gevonden voor een overbelasting van het immuunsysteem. Dit geldt ook voor kleinere patiëntengroepen uit de westerse landen, bijvoorbeeld vaste heterosexuele partners van mensen met AIDS die zelf ook AIDS hebben gekregen. In de tweede plaats geeft de hypothese geen verklaring voor het plotseling ontstaan van AIDS. Er bestaat geen twijfel aan dat het bij AIDS om een nieuw syndroom gaat dat pas aan het eind van de jaren zeventig in de westerse wereld voorkomt.

Het is zeer onwaarschijnlijk dat bij zulke uiteenlopende groepen als homosexuele man-

Prof. dr. D.W. van Bekkum

Radiobiologisch Instituut TNO
Rijswijk

verpleging en/of isolatie van andere patiënten met een slechte prognose. Stel dat wij eens AIDS zouden kunnen genezen met behulp van een beenmerg- of levertransplantatie, zouden dan de kosten van de transplantaties wel integraal aan de transplantatiecentra worden vergoed?

Afgezien van het kostenaspect, dient ook nagedacht te worden over de beschikbaarheid van verpleegfaciliteiten. Reeds in het afgelopen jaar kwam het voor dat in UCLA Medical Center alle beschikbare bedden in de beademingsafdeling door AIDS-patiënten waren ingenomen. Als de omvang van de AIDS-epidemie dat nodig maakt, zal de capaciteit in de beademingsafdelingen dan worden uitgebreid? Dit zijn beslissingen, die ons te wachten staan wanneer de AIDS-epidemie doorzet en waarvoor goed doorwrochten planning gewenst is.

nen, intraveneuze druggebruikers en hemofiliepatiënten ongeveer tegelijkertijd een overbelasting van de afweer zou ontstaan, met als gevolg een éénvormig syndroom. Een (te) grote belasting van het immuunsysteem zou wel een rol kunnen spelen in de verklaring van het feit dat bepaalde groepen verhoogd risico lopen.

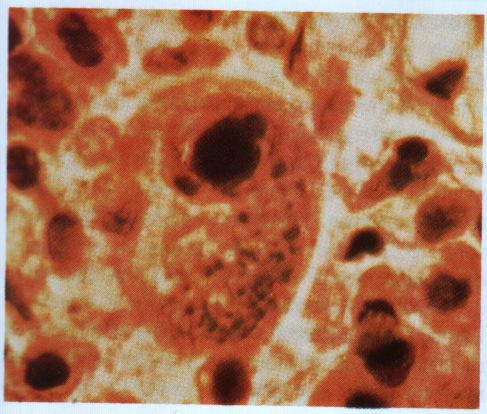
De hypothese luidt dan dat deze groepen vatbaarder zijn voor bijvoorbeeld virusinfecties, in tegenstelling tot anderen bij wie de afweer minder belast wordt.

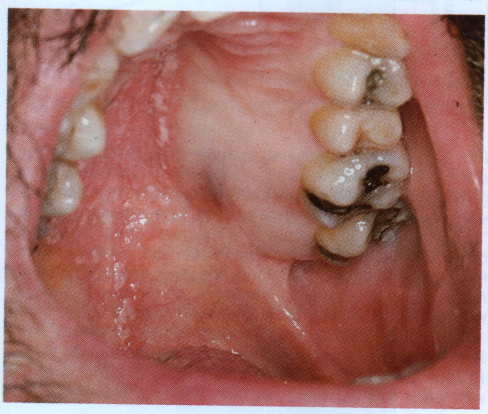
Onderzoek

Aan het onderzoek dat nog nodig is, zullen België en Nederland beide op geheel verschillende wijze een belangrijke bijdrage kunnen leveren. In België is veel ervaring opgedaan met Afrikaanse patiënten en zal nader onderzoek in Zaïre meer gegevens kunnen opleveren over met name de wijze van verspreiding van AIDS. Dit is belangrijk omdat in Centraal-Afrika zoals gezegd geen specifieke risicogroepen lijken te bestaan.

In Nederland zal in het najaar begonnen worden met een groot prospectief onderzoek onder 3000 homosexuelen. Dit voor Europa unieke onderzoek is van belang, omdat men uitgaat van een grote groep gezonde mensen die gedurende een aantal jaren gevolgd zullen worden. Door bloed en andere lichaamsprodukten te verzamelen en te onderzoeken kunnen veranderingen die mogelijk met AIDS te maken hebben, opgemerkt worden, ook als deze optraden lang voordat iemand als gevolg hiervan AIDS krijgt.

Twee voorbeelden van infectie die ten gevolge van AIDS kunnen optreden. Hieronder een longontsteking als gevolg van het cytomegalievirus (CMV). Rechtsonder het optreden van spruw in de mondholte. Deze kaasachtige plaques worden veroorzaakt door de schimmel *Candida*.



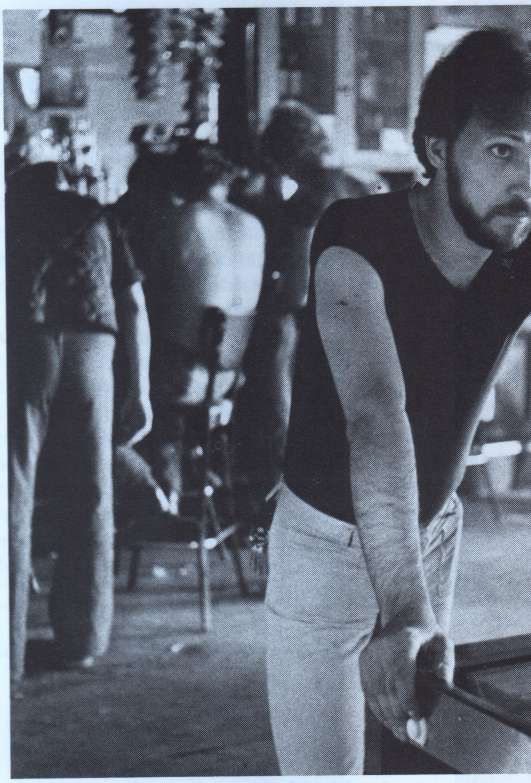


AIDS als virusinfectie

Als het bij AIDS inderdaad om een virusinfectie gaat, dan is het mogelijk meer over het gedrag van de ziekte te zeggen. Bekend is dat bij besmettelijke ziekten niet iedereen ziek wordt. Als er griep heerst, worden weliswaar door de grote besmettelijkheid veel mensen ziek, maar genoeg mensen blijven gezond.

Van hepatitis B weten we dat slechts een klein deel van de besmette populatie ziek wordt en dat een grote meerderheid in staat is het virus af te weren door voldoende antistoffen te produceren. Ook is bekend van hepatitis B dat als je ziek wordt, de ziekte zich niet bij iedereen op dezelfde wijze manifesteert. Zo zal bij de één de infectie zich manifesteren als een (langdurig) gevoel van 'griep', een ander ziet geel en is maanden moe, terwijl in een enkel uitzonderlijk geval hij dodelijk verloopt.

Het is heel goed mogelijk dat er na besmetting met het AIDS-virus ook andere ziektebeelden mogelijk zijn, naast AIDS in de vorm zoals we die nu kennen. De patiënten met AIDS vormen dan slechts het topje van de ijsberg omdat we gevallen van besmetting die zich anders uiten (nog) niet kunnen herkennen.



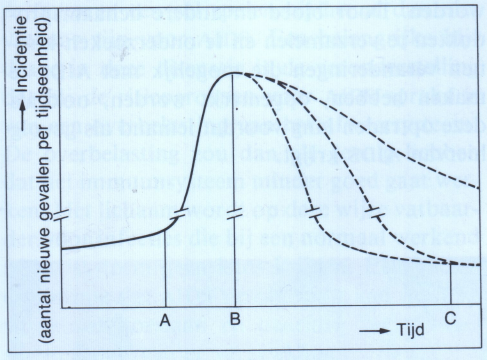
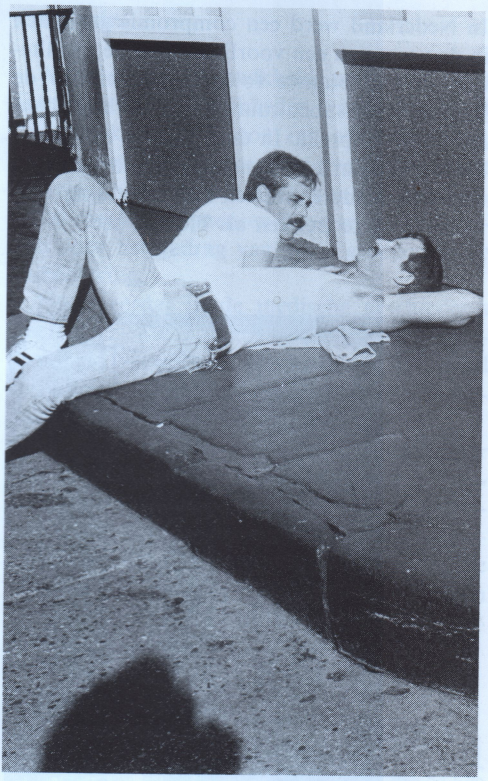


Fig. 3. Het verloop van een infectieziekte in de tijd, uitgedrukt in het aantal nieuwe gevallen per tijdseenheid (voorgesteld door een continue curve). Hierbij is uitgegaan van een relatief gesloten groep, met een constant aantal 'nieuwkomers'. Op tijdstip C is iedereen ofwel overleden ofwel immuun voor de ziekte; alleen de 'nieuwkomers' kunnen dan nog besmet raken. Mogelijk dat voor AIDS op het punt op de curve op tijdstop A de situatie in Europa weergeeft, op tijdstip B de situatie in New York.

Rechtsboven: Er bestaat in de grote steden van de VS en Europa een uitgebreid circuit van bars, disco's, sauna's e.d. waar homosexuele mannen elkaar ontmoeten.

Er is nog een andere conclusie uit het model te trekken. Een nieuw virus wordt geïntroduceerd in een groep die om wat voor reden dan ook gevoelig is voor dit virus; bij AIDS bijvoorbeeld de groep van homosexuele mannen. Aanvankelijk zal het aantal ziektegevallen sterk stijgen, omdat iedereen besmet kan worden en een deel na de besmetting ook inderdaad ziek wordt. Na verloop van tijd heeft het virus zich in deze groep gevestigd (is endemisch geworden). Op dat moment zal een groot deel van de betreffende groep ofwel beschermd zijn tegen de ziekte (door antistoffen) ofwel overleden zijn aan AIDS. Een klein deel is nog besmettelijk omdat ze al dan niet chronisch het virus uitscheiden of nog in de incubatietijd verkeren. Het aantal te besmetten personen is dan min of meer 'uitgeput' en alleen de 'nieuwkomers' zullen nog ziek kunnen worden. Dit betekent dat het aantal nieuwe gevallen van AIDS per tijdseenheid (de incidentie) na verloop van tijd sterk zal dalen en min of meer constant wordt (zie fig. 3).



Gezien de sterke groei van het aantal AIDS-patiënten onder homosexuele mannen, zou deze constante incidentie wel eens relatief erg hoog kunnen liggen, afgemeten aan de grootte van de groep. Dit betekent dat elke 'nieuwkomer' in de homosexuele subcultuur een aanzienlijke kans loopt AIDS te krijgen in de vorm zoals we die nu kennen.

Een dergelijk model maakt duidelijk hoe noodzakelijk het is een middel te vinden dat verdere verspreiding van AIDS kan voorkomen. Gezien de waarschijnlijkheid van een virusinfectie zal de oplossing moeten komen in de vorm van een vaccin, omdat geneesmiddelen tegen virusinfecties nauwelijk bestaan.

AIDS in breder perspectief

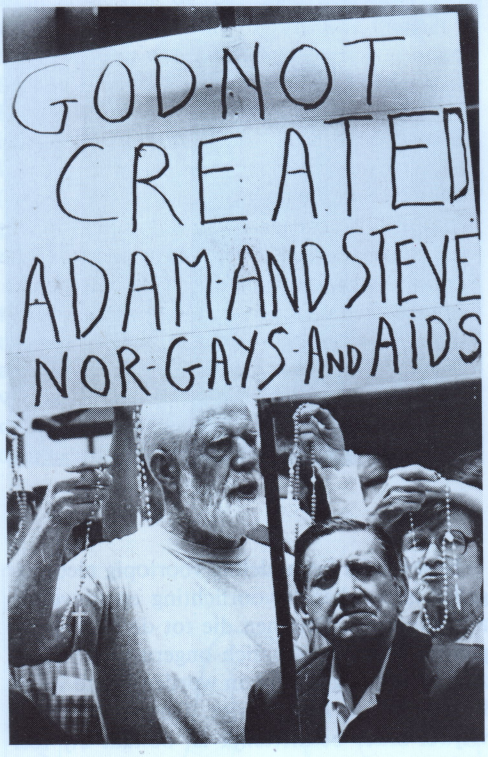
In het vorige is sterk de nadruk gelegd op AIDS als een medisch probleem. Hoewel het zoeken naar oorzaak en behandeling onverminderd moet doorgaan, moet men een aantal andere aspecten niet uit het oog verliezen.

Juist omdat behandeling voorlopig niet mogelijk is, verdienen voorlichting en preventie alle aandacht. Degenen die tot de risicogroepen behoren, maken zich ongerust en vragen zich af wat er gedaan kan worden om te voorkomen dat je AIDS krijgt. Omdat de ziekte vrijwel zeker besmettelijk is, bestaat bij veel anderen eveneens angst voor AIDS. Alleen goede voorlichting kan de vaak onnodige angst wegnemen.

Ook heeft het bestaan van AIDS belangrijke psychische en sociale gevolgen, hetgeen met de volgende vijf voorbeelden kan worden geïllustreerd:

– Om hemofiliepatiënten te beschermen ligt het voor de hand om bloed dat besmet is niet meer te gebruiken. Een test om bloed te screenen op AIDS bestaat echter niet. Een aanvankelijke suggestie om dan maar alle homosexuele mannen te weren als bloeddonor stuitte uiteraard op fel verzet van vertegenwoordigers van de homobeweging die hierin een onaanvaardbare vorm van discriminatie zagen.

In Nederland werd een compromis gevonden in de vorm van een voorlichtingsactie, resulterend in de 'blauwe folders', die binnen de homosexuele subcultuur en via de bloedbanken zijn verspreid. In deze folders wordt een beroep gedaan op homosexuele mannen met veel wisselende contacten zich voorlopig vrijwillig terug te trekken als bloeddonor.



– AIDS kan gemakkelijk onrust veroorzaken. Het is immers besmettelijk en vaak dodelijk. Alleen kennis van zaken kan ervoor zorgen dat risico's juist worden ingeschat en onnodige maatregelen, zoals strikte isolering van patiënten, uitblijven. Voorlichting op brede schaal met name gericht op die beroepsgroepen die mogelijk in contact komen met (potentiële) patiënten, kan irrationele angst voorkomen. AIDS is weliswaar besmettelijk, maar het is erg onwaarschijnlijk dat je AIDS kan krijgen door iemand te zoenen, een hand te geven of door andere vormen van sociaal contact. Illustratief in dit verband is het feit dat nog nooit is gebleken dat een verpleegkundige of arts door de behandeling van AIDS-patiënten zelf AIDS heeft gekregen, ondanks de vaak intensieve zorg die AIDS-patiënten in ziekenhuizen nodig hebben.

– AIDS-patiënten hebben vaak sexueel contact gehad met vele partners. Dit betekent dat er snel een groep ontstaat van mensen die weten dat ze misschien besmet zijn geraakt, zonder dat daarover zekerheid verkregen kan worden. Door de lange incubatietijd (tot mogelijk vier jaar) kan deze onzekerheid jaren duren. Amerikaanse ervaringen leren dat sommigen hierdoor zo ongerust worden dat speciale maatregelen en voorzieningen om deze mensen te helpen, noodzakelijk zijn.

– Homosexuele mannen hebben lang moeten vechten tegen discriminatie. De laatste vijftien jaar is het klimaat rond homosexualiteit, met name in een land als Nederland, veel gunstiger geworden. De grotere vrijheid heeft mede tot gevolg gehad dat een aantal min of meer speci-

fieke kenmerken van de homosexuele subcultuur zichtbaar zijn geworden en als verworvenheden van de emancipatiestrijd worden beschouwd. Een van deze kenmerken is een grote mate van sexuele vrijheid, wat vaak leidt tot meer sexuele partners dan in de heterosexuele wereld gebruikelijk is. Voor veel homo's is deze vrijheid belangrijk en vormt een essentieel onderdeel van hun leefstijl. Juist door AIDS komt deze moeizaam bevochten sexuele bevrijding weer onder druk te staan.

– In België bestaat het gevaar dat AIDS alleen met Afrikanen geassocieerd wordt. Discriminatie kan hierdoor sterker worden, onder het mom van (pseudo)medische argumenten.

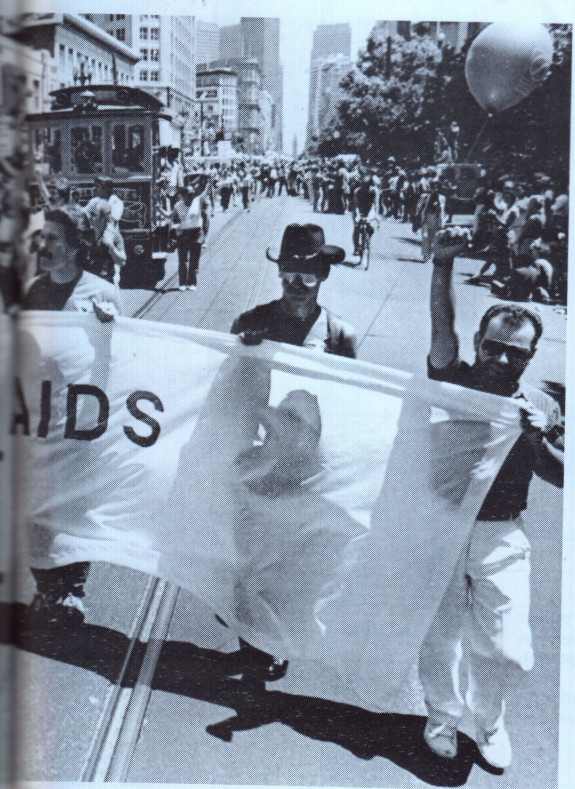
Deze vijf voorbeelden illustreren dat bestrijden van AIDS op een breder vlak moet plaats vinden dan alleen het medische. Hier kennen we nu de gelukkige situatie dat personen en instanties die bij AIDS betrokken zijn, nauw met elkaar samenwerken om tot een geïntegreerde aanpak van de vele problemen te komen.

Conclusies

AIDS is een ingewikkeld probleem, met fascinerende mogelijkheden voor uitgebreid onderzoek. AIDS is ook een ernstige ziekte, waaraan steeds meer mensen overlijden en die we op korte termijn niet kunnen genezen. AIDS maakt veel mensen bang en heeft gevolgen voor het gedrag van grote groepen in de samenleving.

Nooit eerder in de medische geschiedenis heeft een ziekte in zo korte tijd een zo grote bekendheid verworven. De komende jaren zal deze belangstelling blijven bestaan. Velen zullen met AIDS te maken krijgen.

Kennis van zaken is een eerste vereiste voor een rationele benadering van de vele problemen waarmee we nu plotseling worden geconfronteerd. Een gecoördineerde aanpak op wereldschaal die recht doet aan de ernst van de situatie, zal moeten voorkomen dat mensen onnodig slachtoffer worden van AIDS, in welke vorm dan ook.



Geheel links: AIDS is niet alleen een medisch probleem, maar heeft ook belangrijke sociale gevolgen. Op de foto een aantal demonstranten die van AIDS gebruik maken om hun afkeer voor homosexualiteit te tonen.

Links: AIDS-slachtoffers hebben zich in verschillende steden in de Verenigde Staten verenigd in krachtige groeperingen. Deze groeperingen vormen voor de aangeslotenen een steun voor elkaar; ook leveren zij een actieve bijdrage aan voorlichtings- en andere activiteiten in het kader van de bestrijding van AIDS.

Bronvermelding illustraties

E. Roos, Antoni van Leeuwenhoekhuis, Amsterdam: pag. 498-499.
ANP-foto, Amsterdam: pag. 500, 500-501, 514. 514-515.
George A. Nankervis, Cleveland Metropolitan General Hospital, Cleveland, Ohio: pag. 502 boven.
Uit: *AIDS, diagnosis and management.* Eds: Abe M. Macher, Henry Masur, H. Clifford Lane, Anthony S. Fauci, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland. Uitg.: Burroughs Wellcome Co., Research Triagle Park, N.C.: pag. 502 onder, 503 onder, 511 onder.
J.G. van den Tweel, Heerlen: pag. 503 boven.
Hanns-Christoph Koch, Frankfurt: pag. 506-507.
D. Zagury, Université Pierre et Marie Curie, Parijs: pag. 508-509.
Transworld Features B.V., Haarlem: pag. 512-513, 513.

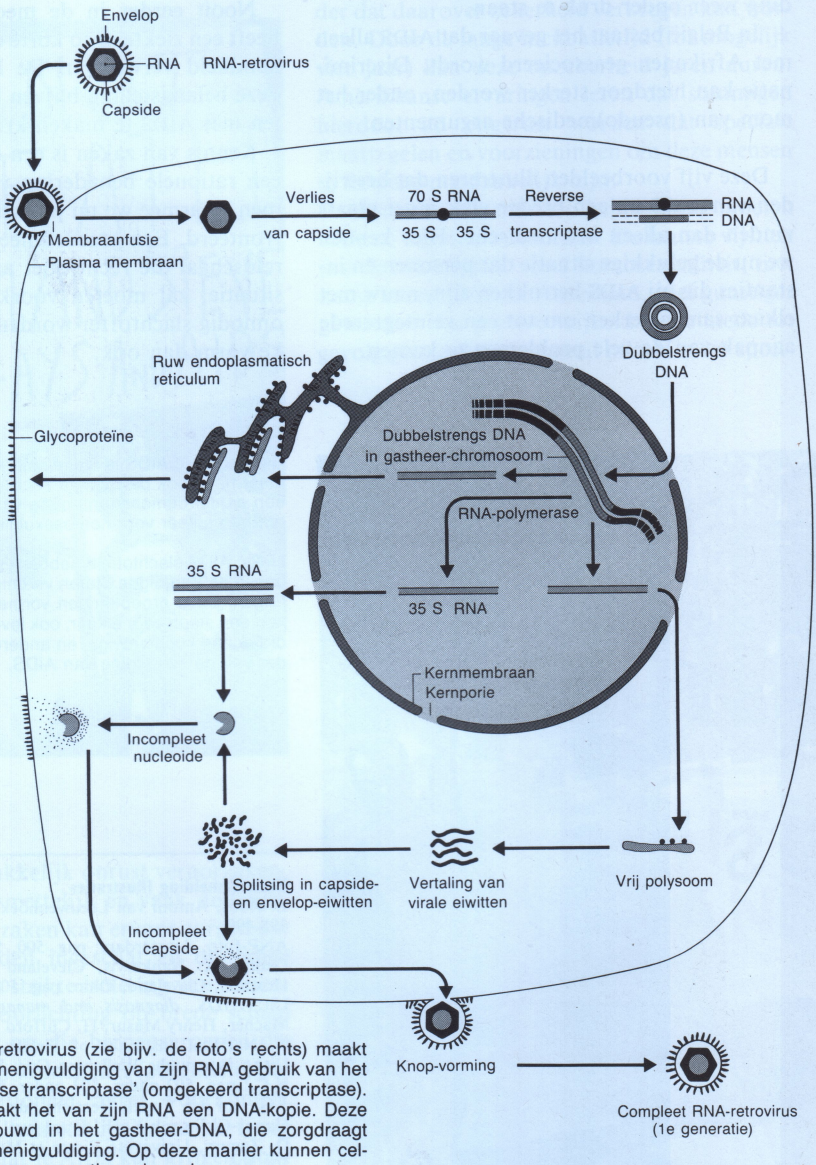
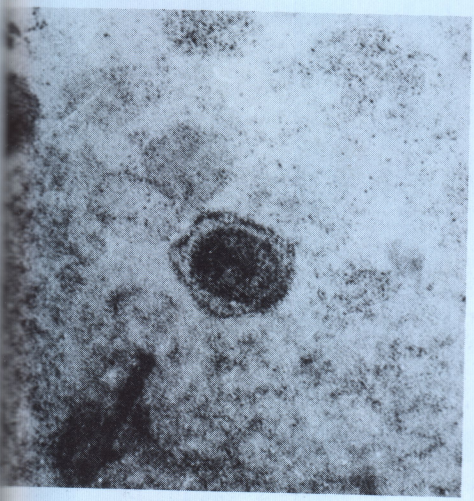
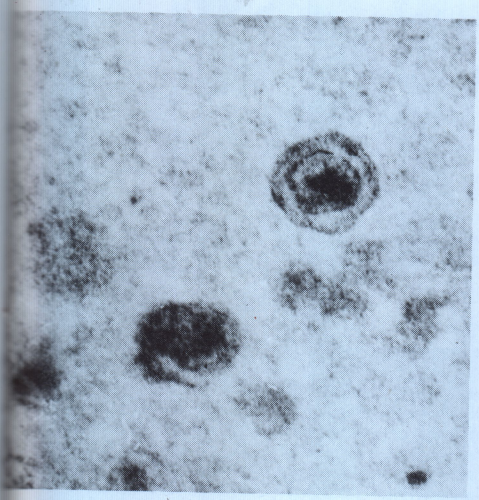


Fig. 1. Een retrovirus (zie bijv. de foto's rechts) maakt voor zijn vermenigvuldiging van zijn RNA gebruik van het enzym 'reverse transcriptase' (omgekeerd transcriptase). Hiermee maakt het van zijn RNA een DNA-kopie. Deze wordt ingebouwd in het gastheer-DNA, die zorgdraagt voor de vermenigvuldiging. Op deze manier kunnen cellulaire oncogenen geactiveerd worden.

AIDS

Oorzaak onbekend



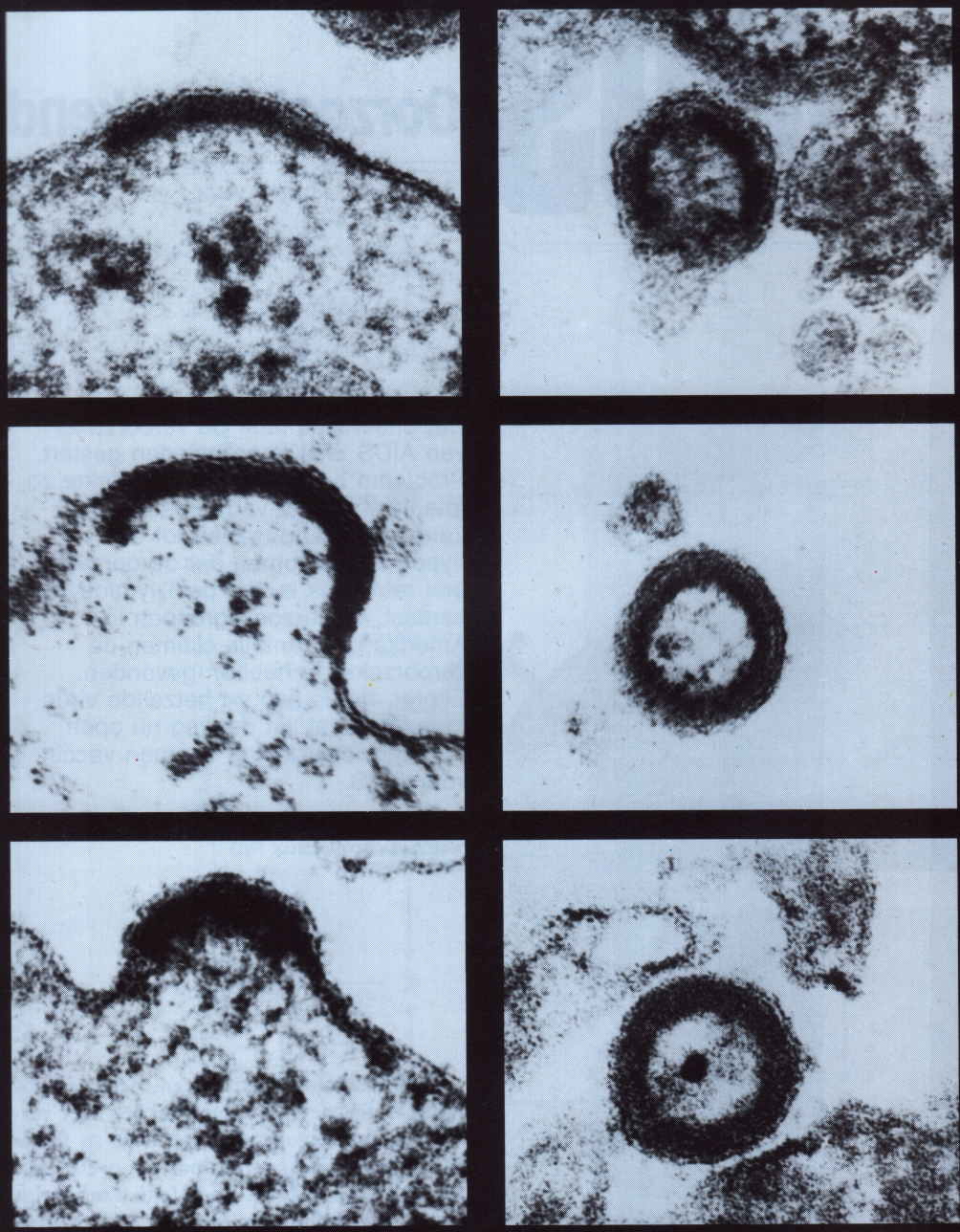


Het onderzoek naar de veroorzaker van AIDS is al jaren geleden gestart. Probleem hierbij was dat de ziekte zo totaal verschilde van andere. Langzamerhand is men tot de hypothese gekomen dat de oorzaak een retrovirus is, dat de T-lymfocyten aantast. Onderzoeksgroepen in Amerika en Frankrijk claimen dé veroorzaker te hebben gevonden. Echter, het is één en hetzelfde virus. In ieder geval ligt de weg nu open naar de ontwikkeling van een vaccin voor AIDS.

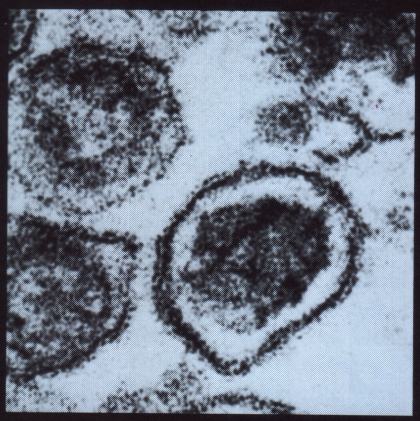
P. Bentvelzen
Radiobiologisch Instituut TNO
Rijswijk

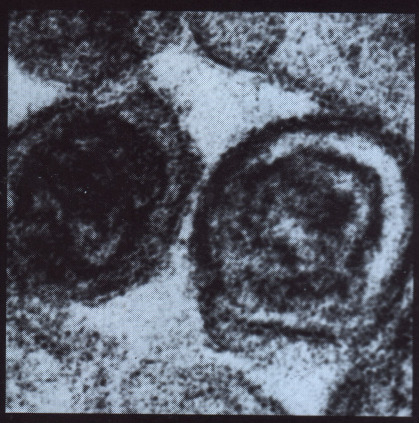
De epidemiologie van het zgn. *A*cquired *I*mmuno *D*eficiency *S*yndrome (AIDS) doet vermoeden dat het ontstaan van deze zo fatale ziekte veroorzaakt wordt door een overdraagbaar micro-organisme. De in feite traag verlopende uitbreiding van AIDS in bijvoorbeeld kringen van sexueel uiterst actieve mannelijke homosexuelen geeft aan dat het organisme (bijvoorbeeld een virus) niet zo besmettelijk is en waarschijnlijk niet al te stabiel is. Ondermeer daardoor rees het vermoeden dat de AIDS-verwekker een retrovirus zou zijn.

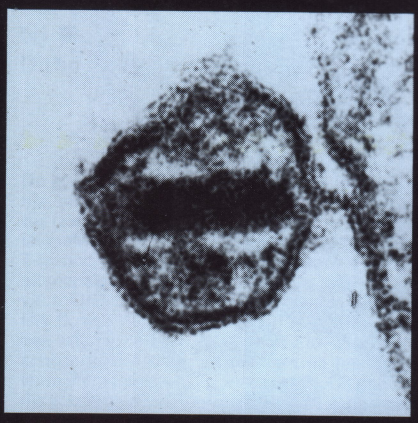
De groep van Gallo van het Amerikaanse National Cancer Institute heeft zo'n vijf jaar



Onderzoekers op het National Cancer Institute, onder leiding van dr. Robert C. Gallo, zeggen dat varianten van een menselijk kankervirus de hoofdoorzaak van AIDS is. Het onderzoek werd gesteund door medici en wetenschappers van andere instituten in de VS. Een mogelijk veroorzaker van AIDS is HTLV-III (human T-cell leukemia virus). Door de isolatie van dit virus konden bloedmonsters getest worden op antilichamen tegen het virus. Dit leidde weer tot simpele laboratoriumtesten om de aanwezigheid van antilichamen tegen HTLV-III vast te stellen; dus ook voor AIDS. Binnen zes maanden denkt men zulke grote hoeveelheden virus-eiwit te hebben dat bloedmonstercontrole bij bloedbanken en analyselaboratoria op grote schaal kan plaatsvinden.
Het uiteindelijk onderzoeksdoel is een vaccin en dus behandeling van AIDS. Daartoe gaat men nu na hoe het mogelijk is dat HTLV-III zo'n dodelijk effect heeft op T-cellen, iets dat bij normale virusaanvallen niet zo is. Het HTLV-III is ook een retrovirus, net als door de groep van Montagnier gevonden is.







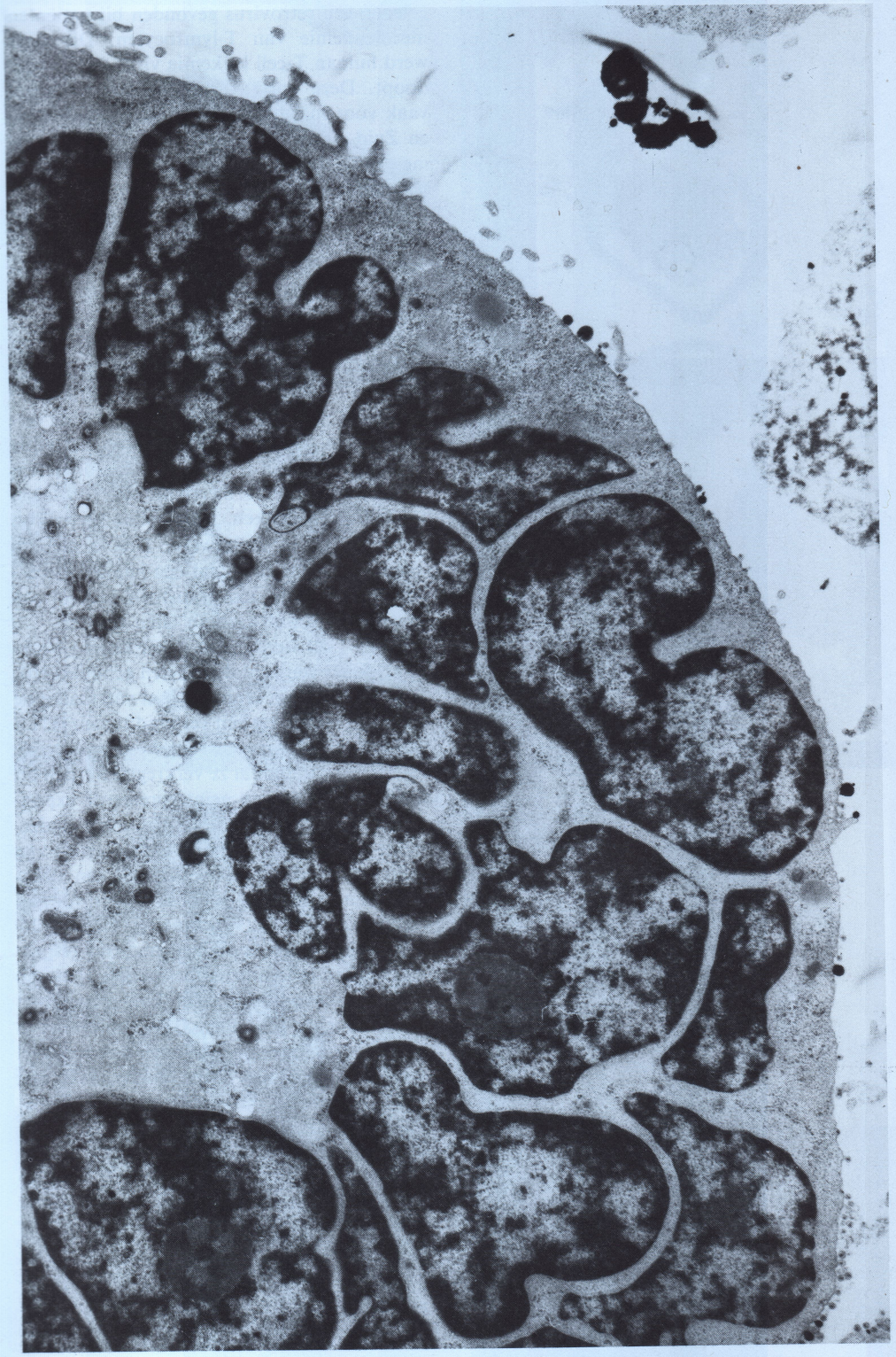
Op de foto's op de eerste rij HTLV-I, dat al in 1978 geïsoleerd werd van een vorm van leukemie van T-lymfocyten die rijpe T-cellen aantast. De tweede rij is HTLV-II, een variant. De onderste rij is HTLV-III uit een patiënt met pre-AIDS. In de eerste kolom de knopvorming van een nieuw virusdeeltje; de middelste kolom vrije deeltjes; in de derde kolom deze deeltjes in een andere doorsnede. De cilindrische kernvorm in HTLV-III is opvallend.

geleden een retrovirus gevonden bij patiënten met leukemie van T-lymfocyten. Dit virus werd human T-cell leukemia virus (HTLV) gedoopt. Deze vorm van kanker komt nogal vaak voor in het Caraïbisch gebied, Midden- en Zuid-Amerika, waaronder ook in Suriname. Vrij spoedig na Gallo's ontdekking werd hetzelfde virus geïsoleerd door Hinuma bij patiënten met T-cel leukemie in Zuid-Japan. In West-Europa komt het virus heel weinig voor, behalve in Nederland bij mensen van Surinaamse afkomst. Bij een Eskimo is een variant van het virus gevonden (HTLV-II).

Toen de kleine AIDS-epidemie in de Verenigde Staten uitbrak, startten de groep van Gallo en enige andere laboratoria virologisch onderzoek met als hypothese dat HTLV de verwekker van AIDS zou zijn. Immers het virus kon precies dezelfde soort witte bloedcellen kankerachtig transformeren als die bij AIDS in de verdrukking raken. Deze cellen spelen een essentiële rol in de afweer. Het is niet zo vreemd in de virologie dat een kankerverwekkend virus een cel kan transformeren tot een tumorcel of uit elkaar kan laten barsten.

In mei 1983 werd in het Amerikaanse weekblad Science een aantal artikelen gepubliceerd, onder meer uit het laboratorium van Gallo; de resultaten wijzen op een verband tussen HTLV en AIDS. Sommige gegevens konden terzijde worden gelegd, omdat ze verkregen werden uit slecht uitgevoerde en geïnterpreteerde experimenten. Bij enkele van de tientallen onderzochte AIDS-patiënten kon de door groep van Gallo HTLV worden geïsoleerd of een DNA-copie van het HTLV-genoom in lymfocyten worden aangetoond. Ten aanzien van de virusisolatie werd door sommigen smalend gesproken over een laboratoriumbesmetting, hetgeen helaas vaak voorkomt. Dit kon echter niet gelden voor de gevonden DNA-copie. Het is echter voorstelbaar dat personen met zeer veel sexuele contacten niet alleen besmet raken met het hypothetische AIDS-virus maar ook met HTLV; deze virussen zouden eventueel geïmporteerd zijn vanuit het Caraïbisch gebied in het New Yorkse homosexuele wereldje.

In hetzelfde nummer van Science stond ook een artikel van een Franse werkgroep die met een heel elegante methode een retrovirus had geïsoleerd bij een patiënt met vergrote lymfeklieren. Deze ziekte, lymphadenopathie, kan een voorloperstadium van AIDS zijn. Dit



520

lymphadenopathievirus (LAV) bleek morfologisch geheel verschilllend van HTLV te zijn. Op nucleïnezuur- en eiwitniveau kon men heel weinig verwantschap tussen beide virussen vinden. Wel werd er een verwantschap met het paarde-anemievirus gevonden. Het virus was nog nooit eerder bij mensen waargenomen.

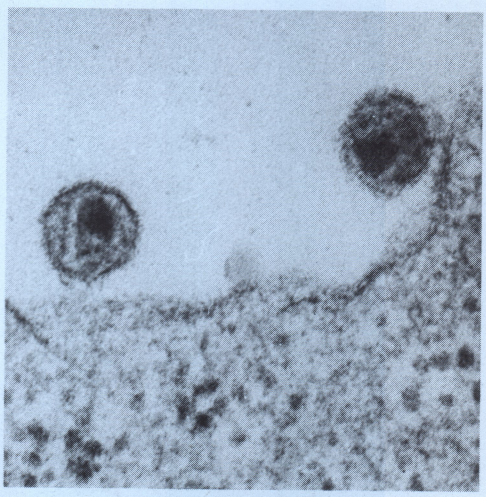
De zeer nijvere Franse groep onder leiding van dr. L. Montagnier van het Instituut Pasteur heeft op dit ogenblik 18 maal LAV geïsoleerd uit verschillende patiënten met lymphadenopathie of AIDS en een bloederziektepatiënt, die de andere afwijkingen (nog) niet had. Bijna alle onderzochte lymphadenopathiepatiënten en een groot deel van de onderzochte Franse en Amerikaanse AIDS-patiënten hebben antistoffen tegen LAV. Ongeveer 20 procent van de onderzochte Parijse actieve mannelijke homosexuelen had ook dit soort antistoffen. Van de honderden controlepersonen bleek slechts één positief te zijn in deze test. Met goed uitgevoerde immunologische proeven kon Montagnier in Frankrijk noch Hunsmann in Duitsland antistoffen tegen HTLV bij patiënten met AIDS of lymphadenopathie vinden.

Deze resultaten suggereren dat LAV de verwekker van AIDS zou zijn. Er dient echter uitgebreider epidemiologisch onderzoek te worden verricht om dit vermoeden hard te maken. Een bewijsstuk zou ook kunnen zijn als LAV bij proefdieren een vorm van AIDS opwekt. Dit is tot op heden nog niet gelukt.

Onlangs werd met veel fanfare gemeld dat Gallo er in geslaagd was een nieuw retrovirus uit een groot aantal AIDS-patiënten te isoleren. Deze voorstelling was ondermeer bedoeld om aan de actiegroepen van homosexuelen duidelijk te maken dat de Amerikaanse regering betrokken is bij het AIDS onderzoek. Dit virus, dat als twee druppels water op LAV lijkt, werd HTLV-III gedoopt ondermeer om de misser van de gezochte associatie tussen HTLV-I en AIDS te maskeren. Aan gezien LAV morfologisch en biochemisch zoveel verschilt van HTLV-I zal de naam HTLV-III zeker niet door virologen worden geaccepteerd.

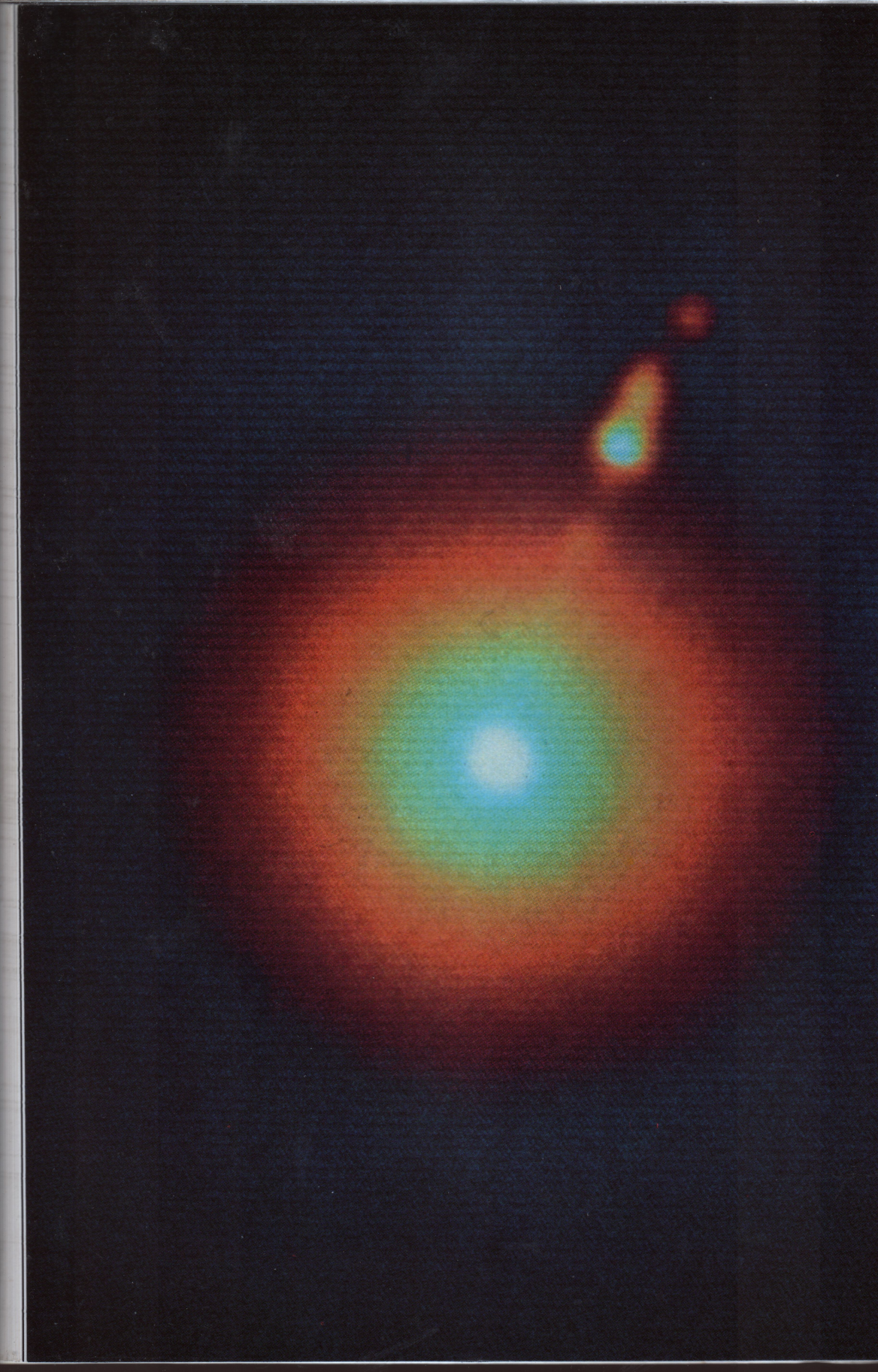
Gallo en medewerkers hebben ook naar antistoffen tegen hun 'HTLV-III' gezocht in het bloed van patiënten en verschillende controlegroepen. Hun resultaten lijken op die van de Franse onderzoeksgroep.

Hoewel het bewijs dat LAV het AIDS-virus is nog lang niet geleverd is, zijn laboratoria al bezig om in bacteriën of gisten het LAV-gen te kloneren dat het virale envelopeiwit maakt. Dit heeft tot doel een vaccin tegen LAV te bereiden, omdat men het niet aandurft traditioneel geïnactiveerd virus voor inenting te gebruiken. Het is daarvoor nodig dat een proefdiermodel voor de opwekking van AIDS door LAV beschikbaar komt, om het eiwitvaccin te toetsen op z'n effectiviteit. Daarom zal het nog wel een aantal jaren duren, voordat er bij mensen uit risicogroepen studies over vaccinatie tegen AIDS kunnen worden uitgevoerd.



De groep van dr. Luc Montagnier, Institut Pasteur te Parijs, meent dat AIDS veroorzaakt wordt door een retrovirus (zie fig. 1). Op zoek naar de verwekker van AIDS stuitte men op een virus, dat geïsoleerd werd uit cultures T-lymfocyten, afkomstig van patiënten met AIDS of lymfadenopathiesyndroom. Dit virus is het lymfadenopathievirus. Onlangs heeft hij bij twee broers, lijdend aan hemofilie B, een nieuw T-lymfotroop retrovirus gevonden. De een was gezond, de andere had AIDS. Het retrovirus verschilde duidelijk van HTLV (kern de helft kleiner, ander vorm en manteleiwit) en leek op LAV. Uit onderzoek in Parijs is kort geleden gebleken dat het LAV-virus en HTLV-III morfologisch en biochemisch identiek zijn. Op de foto links een reuze-cel, gevormd uit T4 lymfocyten die door LAV geïnfecteerd waren. Aan het oppervlak een nieuw LAV (vergr. 8000 x). De foto hiernaast laat het LAV in een 95000-voudige vergroting zien.

Bronvermelding illustraties
Radiobiologisch Instituut, Rijswijk: pag. 517.
Dept. of Health & Human Services, National Inst. of Health, Bethesda, Md: pag. 518-519.
Luc Montagnier, Institut Pasteur, Parijs: 520-521.



DE TOEKOMST VAN HET HEELAL

Op weg naar het grote Niets

De meeste astronomen zijn het er nu wel over eens dat het heelal ontstond na de Oerknal (Big Bang). Het turen over tijd en ruimte gaat echter ook de andere kant op. Temidden van vele onzekerheden tekenen zich momenteel twee mogelijke richtingen af: een 'open' heelal dat altijd maar doorgaat of een 'gesloten' heelal dat na het uitdijen opnieuw begint te krimpen, om uiteindelijk ineen te storten in de Grote Klap (Big Crunch). Momenteel acht de auteur een open heelal iets waarschijnlijker. In beide gevallen gaat het heelal echter naar het grote Niets . . .

Jamal N. Islam
The City University, London

De nevel M87 in het sterrenbeeld Maagd, de grootste en helderste in het ons bekende heelal. Uit het centrum komt een gigantische straal materie, die erop duidt dat extreme krachten aan het werk zijn. Een aantal astronomen vermoedt dat het om een zwart gat van zo'n 300 lichtjaar doorsnede gaat. In de theorie van het open heelal zullen alle melkwegen als zwarte gaten eindigen.

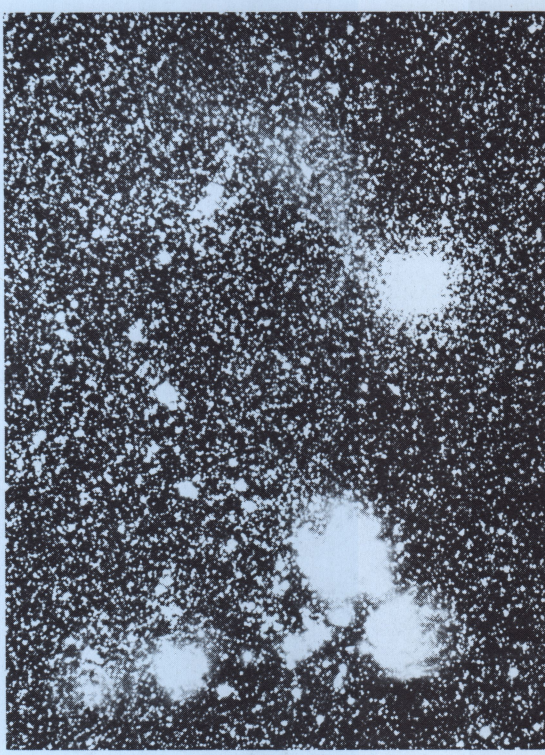
In dit artikel zullen wij ons bezighouden met de toekomst op zeer lange termijn van het heelal en alles wat het bevat, op grond van de huidige kennis van astronomie en kosmologie, in het bijzonder van het zgn. standaardmodel. Dit model omvat aan de astronomische kant de Oerknal-theorie en aan de kant van de hoge-energiefysica de huidige ideeën over de vier fundamentele krachten in de natuur en hun unificatie tot één Oerkracht. Het heden van ons heelal kunnen we zelf zien. Het verleden voor een deel ook, omdat licht van een melkwegstelsel op twee miljoen lichtjaar afstand ook al twee miljoen jaar geleden uitgezonden werd om ons nu te bereiken. De toekomst is een stuk lastiger, omdat we moeten uitgaan van onze onvolmaakte hedendaagse kennis. Net als bij boogschieten geeft een kleine afwijking in het begin een steeds grotere afwijking bij het doel naarmate dat verder weg staat. Onze toekomstvisie zal dus zeker nog wel veranderen naarmate nieuwe gegevens en inzichten beschikbaar komen. Dit artikel geeft de huidige stand van zaken.

Het heelal vandaag

Het heelal bestaat uit melkwegstelsels, verzamelingen van zo'n 10^{11} sterren, die door de aantrekking van de zwaartekracht worden bijeengehouden. Melkwegstelsels komen voor in groepen (zogenaamde clusters) van enkele tot enkele duizenden galaxieën. Het schijnt dat de melkwegstelsels te allen tijde ongeveer gelijk over het heelal waren verdeeld.

Een van de meest opvallende kenmerken van het heelal, in 1930 door Hubble ontdekt, is dat het uitdijt. Dit betekent dat alle melkwegstelsels (mogelijk met uitzondering van de galaxieën in één zelfde groep) zich van elkaar af bewegen – hoe groter de afstand, hoe sneller het melkwegstelsel zich van ons verwijdert. Uit de snelheid waarmee de melkwegstelsels zich van elkaar af bewegen kan worden afgeleid dat 10 tot 20 miljard jaar geleden alle melkwegstelsels zeer dicht opeengepakt moeten hebben gezeten. Algemeen wordt aangenomen dat er op dat tijdstip een universele explosie plaatsvond (op ieder punt van het heelal) waarin materie met groot geweld werd uiteengeslingerd. Later verdichtte de materie zich tot klonten die zich uiteindelijk tot de huidige melkwegstelsels ontwikkelden. Het toenemen van de afstanden tussen melkwegstelsels onderling is nog steeds een gevolg van de oorspronkelijke explosie, de zogenaamde Oerknal (Big Bang).

Dit idee krijgt ook steun vanuit de hoge-energiefysica, die de elementaire deeltjes onderzoekt, waaruit de materie is opgebouwd. Het gedrag van die deeltjes wordt beheerst door vier fundamentele natuurkrachten, waaronder de zwaartekracht. Uit wat men met de huidige generatie deeltjesversnellers al weet blijkt dat die krachten tussen deeltjes met steeds hogere energieën steeds meer op elkaar gaan lijken. Uiteindelijk zou men zo bij één Oerkracht terechtkomen, die in het aller- allereerste ogenblik van de Oerknal gold.



Rechts: Fig. 1. De ontelbare sterren en melkwegen die onze nachtelijke hemel vullen, verwijderen zich steeds verder van elkaar, naarmate de tijd verder schrijdt. De vraag is of dat eeuwig zo doorgaat (open heelal) of dat de beweging vertraagt om vroeg of laat om te keren (gesloten heelal). M.a.w. is er genoeg massa (dus zwaartekracht) in het heelal om het uitdijen te stoppen.

Is het heelal open of gesloten?

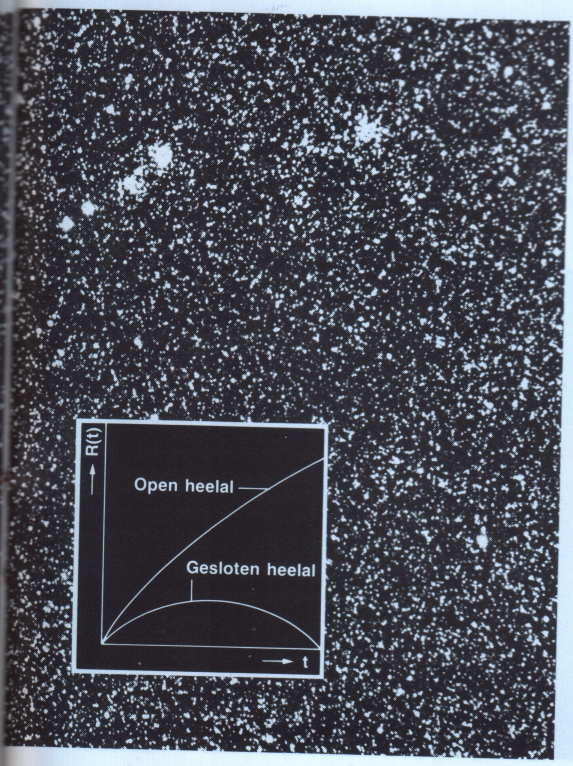
Zal de uitdijing van het heelal eeuwig voortduren of zal het uiteindelijk tot stilstand komen en beginnen te krimpen? Het heelalmodel dat voortdurend uitdijt wordt *open* genoemd, terwijl het heelal dat op een zeker ogenblik niet verder uitdijt en weer inkrimpt *gesloten* wordt genoemd (zie fig. 1). De keuze tussen deze twee mogelijkheden is één van de belangrijkste onbeantwoordbare vragen van de kosmologie. Het uiteindelijke lot van het heelal en alles wat het omvat hangt op dramatische wijze af van het antwoord op deze vraag.

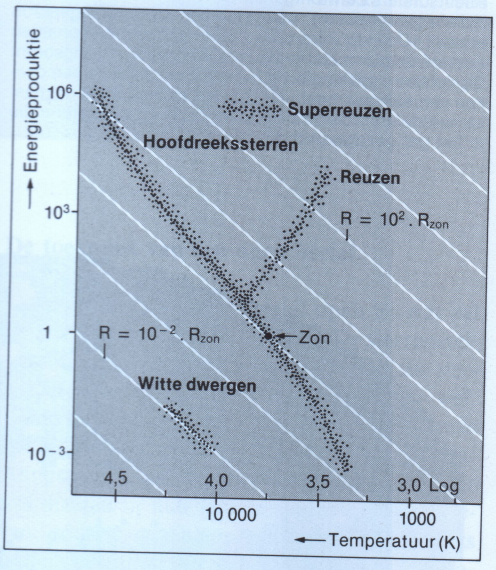
Er zijn verschillende manieren om het antwoord te vinden, waarvan sommige met elkaar verband houden. Eén van deze manieren is het meten van de vertraging van de expansie. Een andere is het bepalen van de huidige *gemiddelde dichtheid* van het heelal. Als de dichtheid boven een bepaalde kritische waarde ligt, is het heelal gesloten en zal de zwaartekracht het uitdijen kunnen stoppen. Als de dichtheid lager ligt dan de kritische dichtheid is het heelal daarentegen open. Er is dan te weinig materie om nog genoeg zwaartekracht te leveren om de beweging te stoppen en alles weer naar elkaar toe te laten vallen. De kritische dichtheid zelf wordt bepaald door het huidige tempo van de uitdijing aan de hand van de zogenaamde constante van Hubble.

Nog een andere manier om dit vraagstuk op te lossen is het nauwkeurig bepalen van de ouderdom van het heelal en deze te vergelijken met de tijd die is verlopen sedert de Oerknal, mits de vluchtsnelheid altijd gelijk is geweest aan de huidige. Er bestaat qua observatie en theorieën een aanzienlijke mate van onzekerheid ten aanzien van deze en andere methoden, maar er zijn aanwijzingen dat het heelal open is.

Sterren sterven eerst

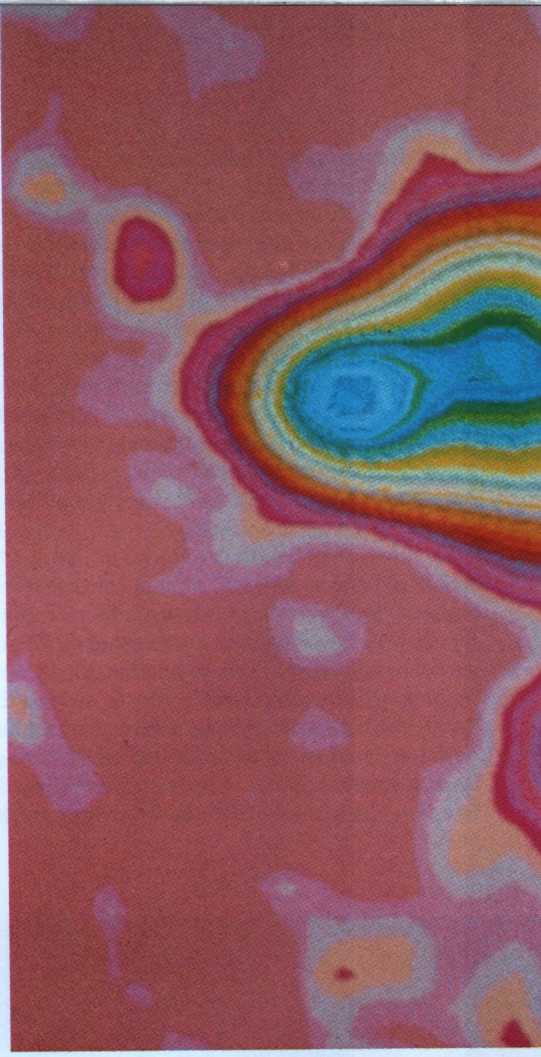
Als sterren sterven, wil dat zeggen dat zij één van de drie eindstadia van witte dwerg, neutronenster of zwart gat bereiken. De materie van de *witte dwergen* (zie fig. 2) bestaat uit





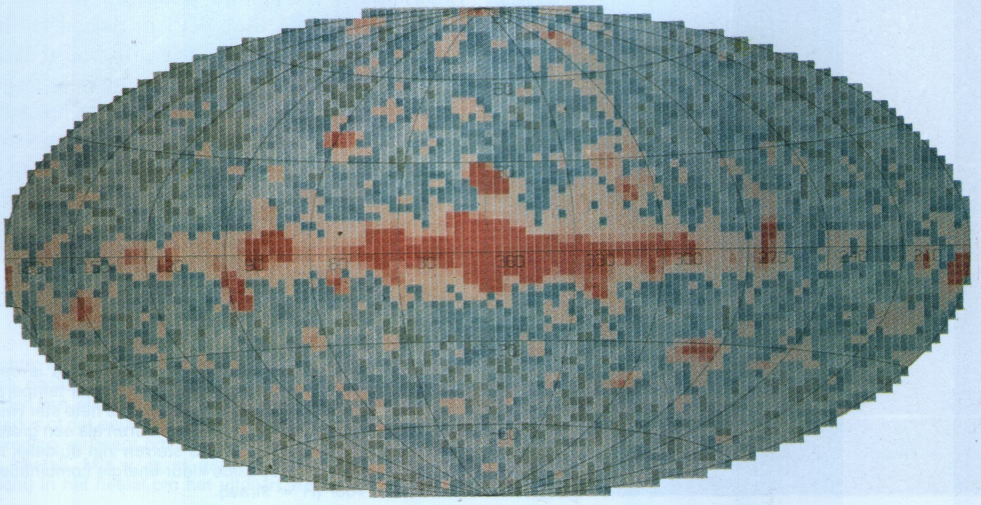
Boven: Fig. 2. Het Hertzsprung-Russel diagram is een klassieke manier om een ster te klasseren naar temperatuur (kleur) en energieproduktie. Een kleine hete ster (witte dwerg) kan evenveel energie produceren als een grotere koelere uit de hoofdreeks. De sterren zijn duidelijk in groepen in te delen. Bepaalde kleur-energie combinaties komen niet voor (R = straal).

kernen van zware elementen zoals ijzer die van hun elektronen zijn beroofd en die ongehinderd in de ster circuleren, waarbij zij een druk uitoefenen die gelijk is aan de zwaartekracht. De ster is op die manier dus in evenwicht. Een witte dwerg heeft een massa die ongeveer gelijk is aan die van de Zon, maar hij is ongeveer even groot als de Aarde. Een *neutronenster* bestaat voornamelijk uit neutronen in de vorm van een reusachtige kern. Haar massa is ongeveer gelijk aan die van de Zon maar de straal is slechts enkele tientallen kilometers groot. Een *zwart gat* heeft meer dan enkele malen de massa van de Zon, waarbij de materie in het centrum is samengeperst tot oneindige of bijna oneindige dichtheid. Het centrum of de gebieden nabij het centrum kunnen echter niet worden waargenomen, aangezien niets – niet eens het licht – hieruit kan ontsnappen vanwege de enorme zwaartekracht.

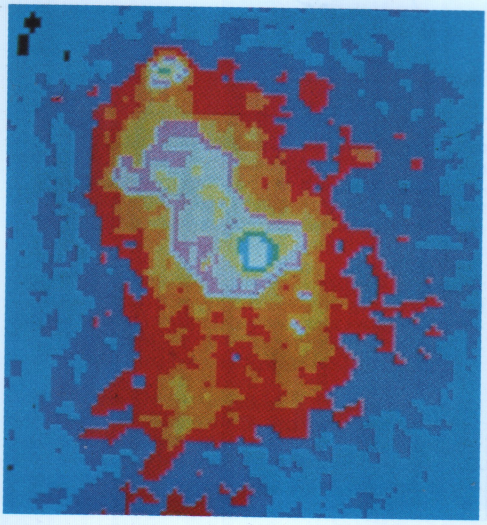


Onder: Een röntenkaart van het bekende heelal, zoals die door de satelliet HEAO-1 gemaakt werd. De opvallende intense horizontale band is onze eigen melkweg.

Rechtsonder: Een röntgenopname van het centrum van onze eigen melkweg, waar zich een sterke röntgenbron bevindt. Ook op infrarood-, radio- en gamma-opnamen zien we daar een sterke en zeer compacte stralingsbron. Bij zichtbare golflengten is niets te zien. Astronomen denken aan een zwart gat van zo'n 8,5 miljoen maal de massa van de zon. De straling komt dan van de materie die in het gat gezogen wordt.



Het heelal is nog steeds een uitdaging. Deze radiokaart is alles wat we weten van de uiterst zwakke en verre melkweg gekend als 5C12.62. De kaart is naar signaalintensiteit door de computer ingekleurd van blauw (intens) naar rood.



De toekomst van een open heelal

Veronderstel dat het heelal open is: wat zal er dan uiteindelijk van worden? De sterrenstelsels blijven zich steeds verder van elkaar verwijderen, maar intussen veranderen zij wel. Laten wij eens een melkwegstelsel als het onze bekijken. Dat is een vrij normale melkweg. Aangetoond kan worden dat in circa 10^{11} jaar alle sterren in hun laatste stadia zullen verkeren, zodat het gehele melkwegstelsel uit niets anders bestaat dan een verzameling zwarte gaten, neutronensterren, koude witte dwergen en andere kleinere vormen van koude materie zoals planeten, asteroïden, stof enzovoorts. Deze zullen nog in een sterrenstelsel bijeen worden gehouden, maar er zal zeer weinig straling van welke soort dan ook uitkomen.

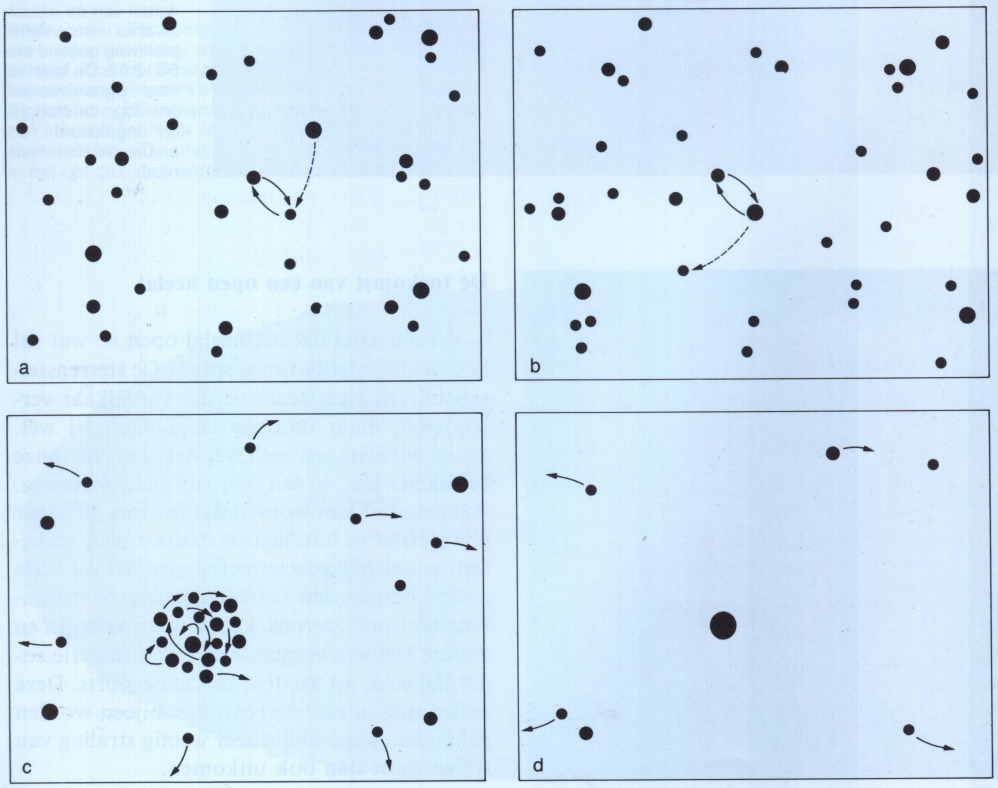
Sterrenstelsels die niet tot dezelfde groep behoren zullen zich steeds verder van elkaar verwijderen. Het melkwegstelsel zal dan een dynamisch evolutieproces doormaken waarbij de meeste sterren uit de galaxie zullen worden uitgestoten (zie fig. 3). De overblijvende sterren zullen een dichte centrale kern vormen waaruit uiteindelijk *één enkel zwart gat* ontstaat met een massa van circa 1 miljard maal de massa van de Zon en een afmeting (gebied waaruit niets ontsnapt) van circa 1 lichtdag, dat wil zeggen de afstand die het licht in één dag aflegt (zo'n 25 miljard km). Dit proces zal tussen de 10^{18} en 10^{27} jaar duren.

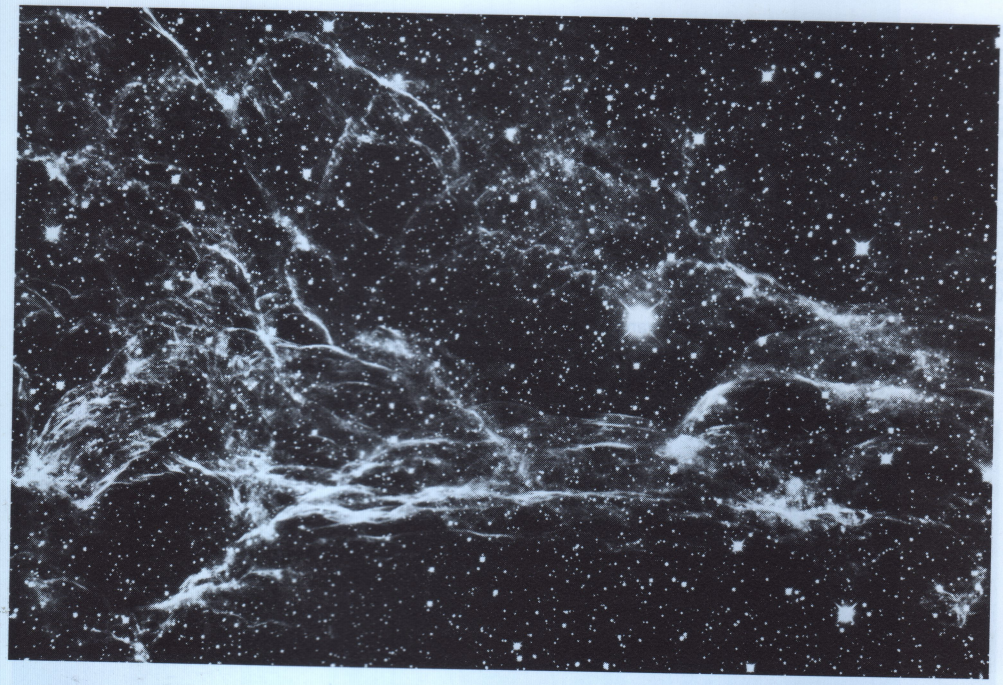
Een groep melkwegen zal ineenstorten tot een iets groter zwart gat. Over 10^{27} jaar zal het heelal dus bestaan uit deze reusachtige 'galactische' zwarte gaten met enorme lege ruimten ertussen waarin zich verspreide neutronensterren zullen bevinden, koude witte dwergen en zwarte gaten van stellaire afmetingen die ieder voor zich door de intergalactische ruimte dwalen.

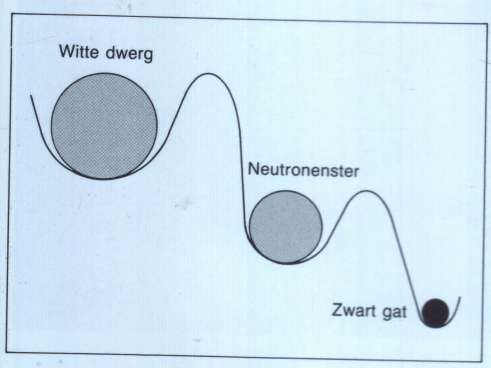
Zwarte gaten stralen toch

Volgens de wetten van de klassieke fysica zal een zwart gat altijd blijven bestaan. Door Stephen Hawking van de Universiteit van Cambridge werd aangetoond dat, als quantumverschijnselen in aanmerking worden genomen, een zwart gat straling afgeeft en massa verliest, om uiteindelijk geheel te verdwijnen. Voor stellaire zwarte gaten bedraagt de levensduur circa 10^{65} jaar, terwijl de grote galactische zwarte gaten het ongeveer 10^{100} jaar zullen uithouden. Ter vergelijking, het huidige heelal bestaat 2.10^{10} jaar.

Over ongeveer 10^{100} jaar zullen dus de zwarte gaten van alle afmetingen zijn verdwenen en alle sterrenstelsels zoals wij die vandaag kennen, zullen volkomen zijn opgelost. Het heelal zal dan alleen nog bestaan uit hier en daar nog wat sporadische neutronensterren, koude witte dwergen en kleinere planeten en stukjes materie die door de sterrenstelsels zijn uitgeworpen.







Links: Fig. 3. Een stervende melkweg. In a en b wordt een kleine ster die om een andere cirkelt door een grotere weggestoten en ontstaat een steviger gebonden dubbelster. Na talloze dergelijke interacties tussen drie of meer sterren heeft de melkweg een heel massieve kern (c). Uiteindelijk ontstaat een gigantisch zwart gat (d).

Boven: Fig. 4. De drie mogelijke eindstadia voor een ster kunnen niet in elkaar overgaan omdat ze eerst enorm veel energie zouden moeten bijwinnen, voor ze naar een stadium met lagere energie kunnen gaan. Het quantumtunneleffect maakt het onmogelijke echter mogelijk.

Geheel boven: De Filamentnevel in het noorden van het sterrenbeeld De Zwaan. Het is een zgn. planetaire nevel, gas dat uitgestoten werd toen een ster instortte om haar leven te eindigen als witte dwerg. Het gas ontvangt UV-straling van de centrale ster en straalt het weer uit als zichtbaar licht.

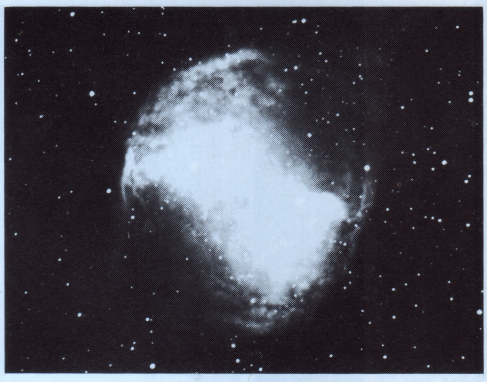
Het open heelal sleept zich voort

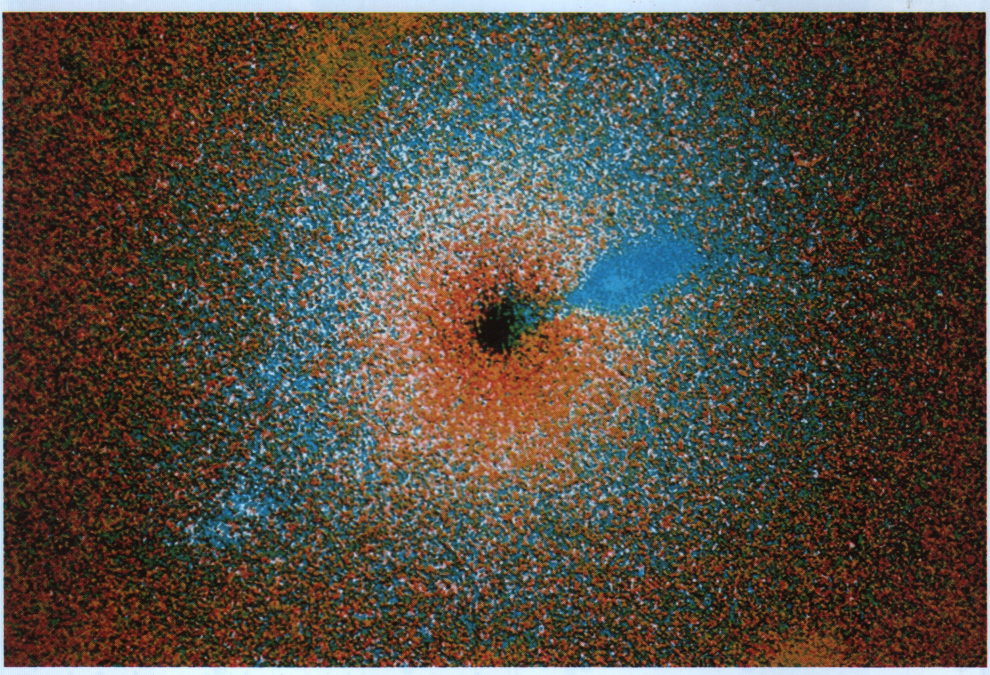
F.J. Dyson van het Institute for Advanced Study in Princeton wijst op de langzame en nauwelijks merkbare veranderingen die in de overblijvende stukjes materie zullen plaatsvinden. Deze veranderingen vinden plaats op grond van een verschijnsel dat bekend staat als het *quantum-tunneleffect,* waarbij bepaalde barrières, die bekend staan als potentiaalbergen en die volgens de klassieke fysica niet kunnen worden overschreden, volgens de wetten van de quantum-mechanica wel worden doorboord. M.a.w. dingen die volgens de klassieke natuurkunde onmogelijk zijn gebeuren toch en op een manier die de klassieke fysica niet kan beschrijven (zie fig. 4). Op grond van dit verschijnsel kan zelfs de meest starre materie in een tijdsverloop van ongeveer 10^{65} jaar van vorm en van chemische structuur veranderen en zich als een vloeistof gedragen, waarbij de materie onder invloed van de zwaartekracht tot een bolvorm ineenvloeit. Eveneens volgens het quantum-tunneleffect is iedere gewone stof radioactief omdat zij energie kan afgeven met behulp van verschillende kernfusie- of kernsplitsingsreacties.

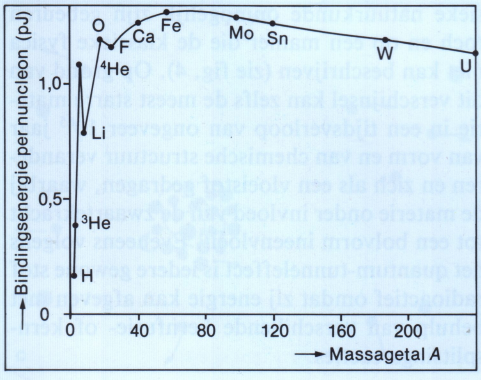
Rechts en geheel rechts: Een normale en een door de computer bewerkte foto van de planetaire nevel M27, de Halternevel. Bij deze isofot-techniek deelt men het origineel in een aantal gebieden in met dezelfde grijswaarde. Die gebieden worden dan door de computer naar keuze ingekleurd, waardoor het 'contrast' opgepept wordt.

Onder: Een door de computer bewerkte foto van M87 (zie ook pag. 522-523). De code M87 betekent voluit Messier 87. De Franse astronoom Messier stelde in de achttiende eeuw een catalogus van de hem bekende nevels op. Die was zo volledig dat zijn nummering tot op heden in voege bleef. Later stelde men de veel completere New General Catalogue op, die deze nevel kent als NGC 4468.

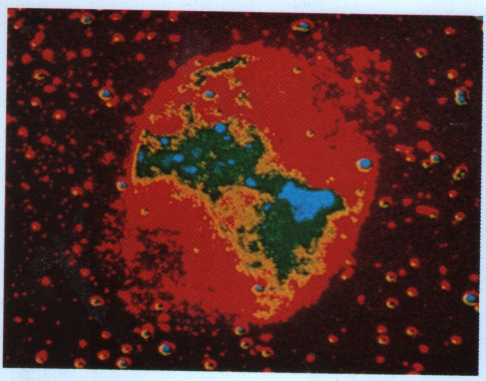
Geheel onder: Fig. 5. De bindingsenergie van de verschillende kernen, waarbij ijzer het stabielste element is.







Alle stukken stof behalve de neutronensterren moeten uiteindelijk tot ijzer vervallen, dat de stabielste kern bezit (zie fig. 5). Dit duurt ongeveer 10^{500} tot 10^{1500} jaar. Veronderstel dat wij erin slagen een blokje diamant in de ruimte te isoleren. Over ongeveer 10^{1500} jaar zal het een ijzeren bol zijn geworden! Zeggen dat dit soort getallen astronomisch is, is een dooddoener. Als we ons voor het gemak het bekende heelal voorstellen als een kubus met een ribbe van 10 miljard lichtjaar en we zouden dat volstoppen met *kernen* (atomen bevatten nog veel lege ruimte), dan komen we nog maar op



Onder: Een sterk bewerkte foto van de ster Eta Carinae en de omringende Homunculusnevel. De sterke opvoering van het contrast laat ons echter ook dingen zien die er niet zijn. De 'wilde' achtergrond rond het centrale beeld is alleen maar ruis. De bedoeling van de computerbewerking was het gebied rond de ster op te halen en de ster zelf weg te werken. Op een normale optische foto overstraalt de ster de hele omgeving, die duizenden malen lichtzwakker is. Tussen 1830 en 1840 stootte de enorm zware ster een grote hoeveelheid materie uit, die de huidige nevel vormt. Zij is bijna aan het eind van haar leven en zal binnen de vijfduizend jaar ten onder gaan in het meest spectaculaire fenomeen in het heelal, een supernova-ontploffing.

een aantal van 10^{74}. Als we ons dit heelal dan voorstellen als een kern en de hele stapeloperatie nog eens overdoen met dergelijke heelallen, zijn we nog maar bij 10^{148} beland. Dat is nog onvoorstelbaar ver van de hier genoemde getallen.

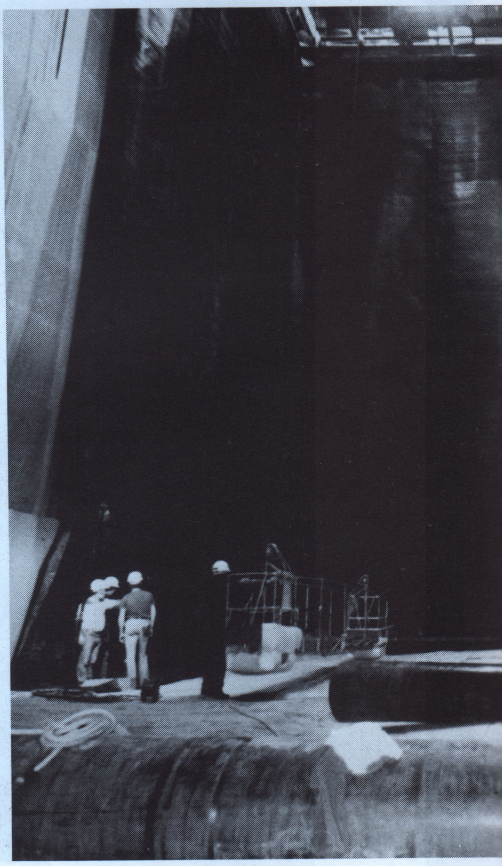
Vanwege het quantum-tunneleffect zullen ook alle koude witte dwergen ineenstorten en over $10^{10^{76}}$ jaar neutronensterren worden. Na afloop van een overeenkomstige periode zullen alle neutronensterren tot zwarte gaten zijn ineengestort en uiteindelijk zullen zij volgens het proces van Hawking verdampen. De andere stukken materie zullen waarschijnlijk ook vervallen, maar er zijn enkele onzekerheden in onze kennis van de stabiliteit van de materie op lange termijn. Dit alles zal immers in twijfel worden getrokken als het proton onstabiel blijkt – hierover zullen wij later meer zeggen (pag. 536 e.v.).

Is er toekomst voor het leven?

Het is onmogelijk te voorspellen welke vormen de levende organismen zullen aannemen (aangenomen dat zij kunnen overleven) in zulke tijdsindelingen als wij aan het behandelen zijn. De mogelijkheid dat het leven in de een of andere vorm blijft bestaan hangt af van de beschikbaarheid van een energiebron, en dat staat ter discussie.

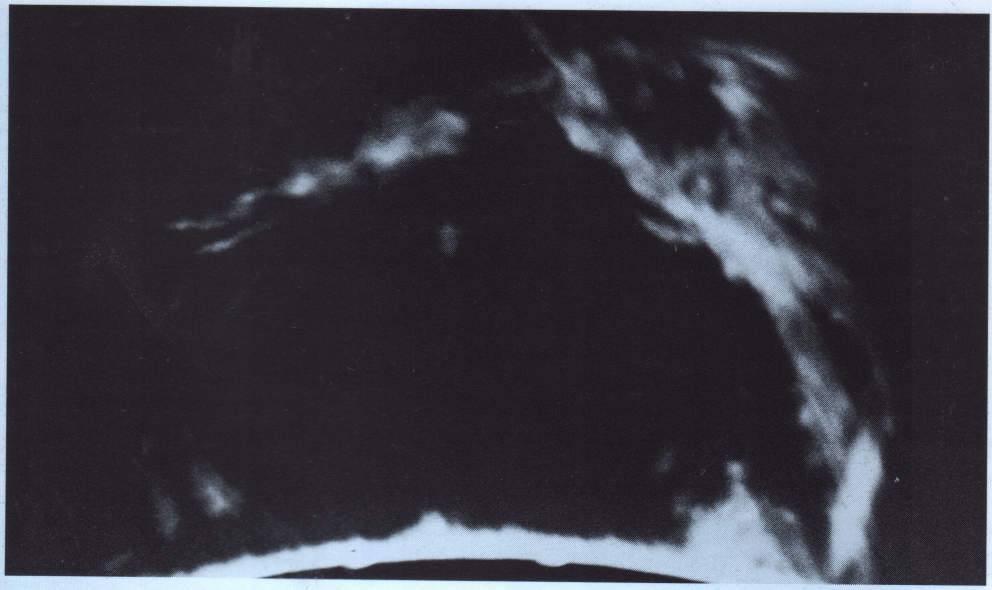
Er zal voldoende energie beschikbaar zijn zolang de Zon bestaat; dit zal nog enkele miljarden jaren het geval zijn. Na het sterven van de zon kan de beschaving trachten naar een andere ster te verhuizen en zich intussen met behulp van kunstmatige kernenergie in stand te houden. Over circa 10^{11} jaar zullen alle sterren zijn gedoofd. De overblijvende beschavingen kunnen trachten energie te putten uit een roterend zwart gat met behulp van een door R. Penrose van de Universiteit van Oxford voorgesteld procédé. In principe kan deze toestand circa 10^{100} jaar voortduren. Met andere woorden zolang er galactische zwarte gaten bestaan die rotatie-energie bezitten.

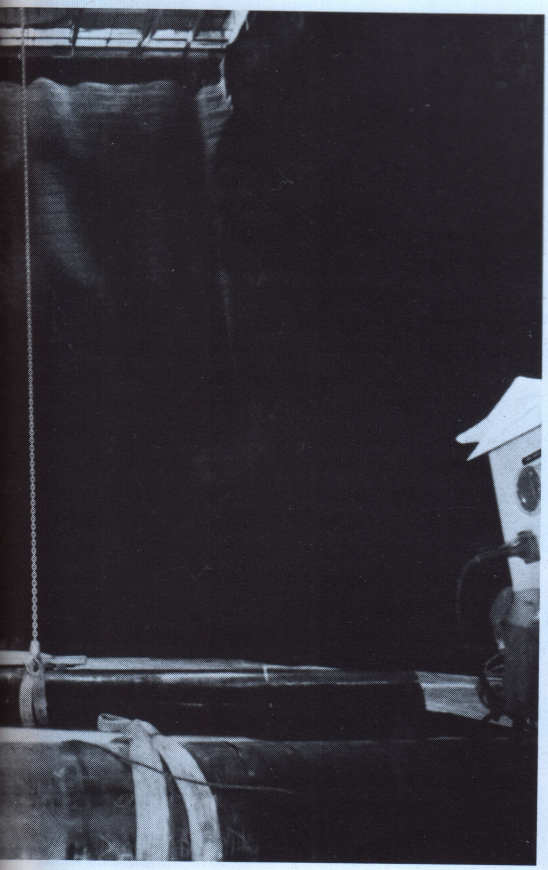
De vraag of een beschaving oneindig lang kan blijven voortbestaan is vrijwel gelijk aan de vraag of men in leven kan blijven met een vaste, begrensde hoeveelheid energie. Het is zeer moeilijk op deze vraag een antwoord te geven, maar Dyson heeft een aantal interessante denkbeelden geopperd. Volgens hem is het mogelijk dat een bepaalde, wellicht kunstmatige, vorm van leven oneindig lang kan bestaan in een open heelal. Hierbij moet men echter alweer van de veronderstelling uitgaan dat het proton niet vervalt, m.a.w. dat de materie stabiel is.



Rechtsboven: Een zonnevlam van zo'n driehonderdduizend kilometer lengte. Ondanks dat de zon zo verkwistend met haar materie en energie lijkt om te gaan, kan ze nog een paar miljard jaar op deze voet doorgaan. Nadien zal onze beschaving (als ze nog bestaat) naar een andere ster moeten verhuizen.

Rechts: De voorbereidende werkzaamheden voor een detector van zo'n veertigduizend kubieke meter in de Morton Salt Mine in Cleveland (VS). De detector is intussen gevuld met water. Bij het verval van een proton zullen deeltjes wegspatten die sneller gaan dan de lichtsnelheid in water (maar trager dan 'de' lichtsnelheid, die in vacuüm). De 'supersonische' schokgolf zal door de fotomultiplicatoren gezien worden als licht, het zgn. Cerenkov-licht.

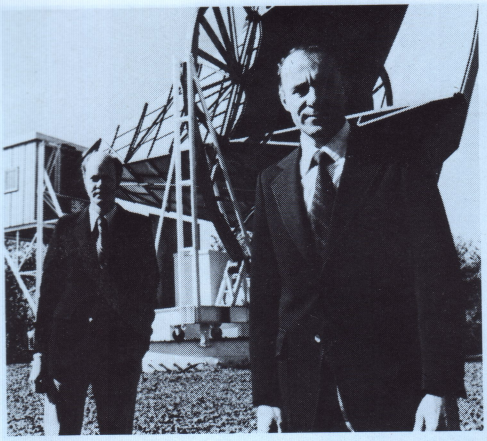




De toekomst van een gesloten heelal.

Het uiteindelijke lot van het heelal is natuurlijk anders wanneer het heelal niet verder uitdijt en begint te krimpen. In dit geval zal uiteindelijk een *universele ineenstorting* van alle materie en straling plaatsvinden in een compacte ruimte van oneindige of bijna oneindige dichtheid. Het tijdstip hiervoor hangt af van de huidige gemiddelde dichtheid van het heelal. Laten wij ervan uitgaan dat de huidige dichtheid tweemaal de kritische dichtheid bedraagt. Dan zal het nog zo'n honderd miljard jaar duren tot aan de uiteindelijke ineenstorting, de 'Grote Klap'. De Engelsen hebben die de plastische naam 'Big Crunch' gegeven.

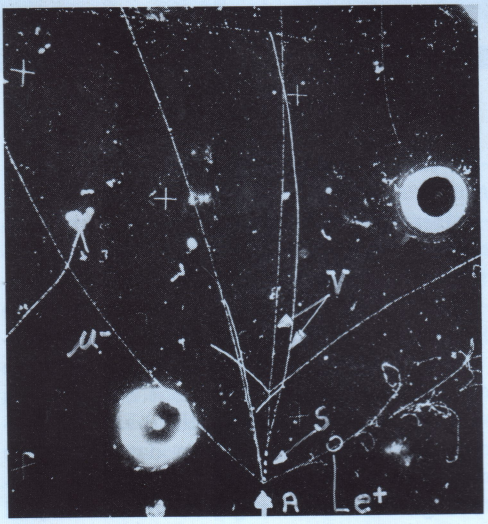
Er is zeer weinig hoop dat enige vorm van leven zich in een gesloten heelal kan handhaven. De enige manier waarop een terugkeer van het leven kan plaatsvinden is het geval dat de cyclus van de Oerknal en de uiteindelijke ineenstorting in de Grote Klap zich herhaalt. De kans is dan groot dat in sommige gebieden weer voorwaarden worden ontwikkeld voor het bestaan van leven. Of dit al dan niet kan gebeuren, uitgaande van een gesloten, 'pulserend' heelal is onbekend. Wij zullen nu in het kort twee recente ontwikkelingen in de deeltjesfysica en de kosmologie bekijken i.v.m. de door ons behandelde vraagstukken.

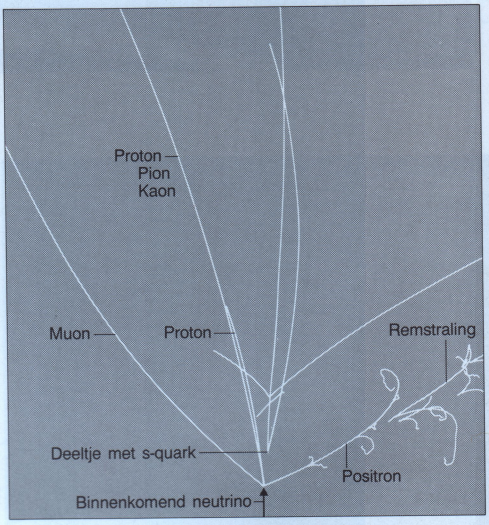


Links: Arno Penzias (rechts) en Robert Wilson voor de 6 m wijde toeter van hun hoornantenne, waarmee ze de kosmische achtergrondstraling ontdekten.

Onder: De jacht op het neutrino leek op wat een van de betrokken onderzoekers noemde 'een jacht op de geest van Niemand'. Uiteindelijk werd het spookachtige deeltje gevonden op foto's uit het bellenvat Gargamelle, waaronder de onderstaande. Gargamelle was speciaal ontwikkeld om deeltjesbundels waarvan men dacht dat ze hoge aantallen neutrino's moesten bevatten, te verwerken. De naam komt van een veelvraat uit de werken van Rabelais.

Rechts: Een kijkje in het hart van een detector die bewijzen zoekt voor het standaardmodel en de unificatie van de fundamentele natuurkrachten.

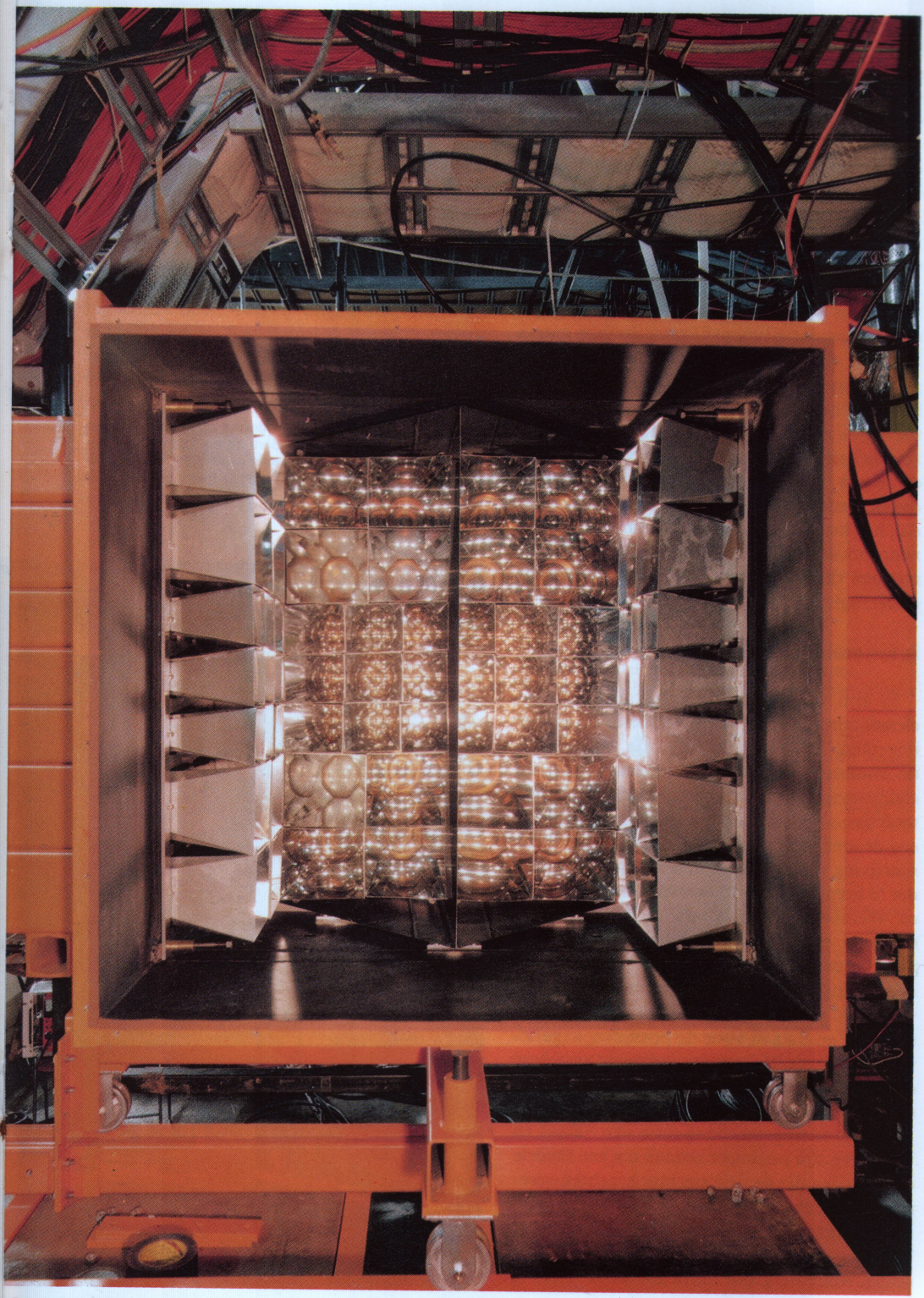




De massa van neutrino's

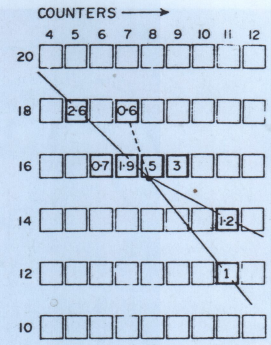
Volgens het standaardmodel bevonden materie en elektromagnetische straling zich in de eerste stadia na de Oerknal in thermisch evenwicht. Dit evenwicht werd verbroken toen elektronen en protonen te zamen waterstof begonnen te vormen, waarbij zij het heelal 'transparant' maakten. De kosmische achtergrondstraling, die oorspronkelijk was ontdekt door Penzias en Wilson en die het heelal een temperatuur van 3K geeft, is een overblijfsel van die straling die in het begin in evenwicht was met de materie.

Op overeenkomstige wijze neemt men aan dat in het zeer prille heelal (ongeveer binnen 1 seconde na de Oerknal) de neutrino's ophielden met de materie in evenwicht te zijn. Neutrino's waren aanvankelijk zuiver hypothetische deeltjes, die men moest invoeren om de vergelijkingen van kernreacties kloppend te maken. Wat overschoot stopte men onder één noemer en noemde dat neutrino. Zoals de naam al zegt, moesten die deeltjes elektrisch neutraal zijn; verder moesten ze een massa nul en een spin ½ hebben. Dit alles betekende dat ze een uiterst zwakke interactie met materie zouden hebben, wat het zoeken naar bewijzen



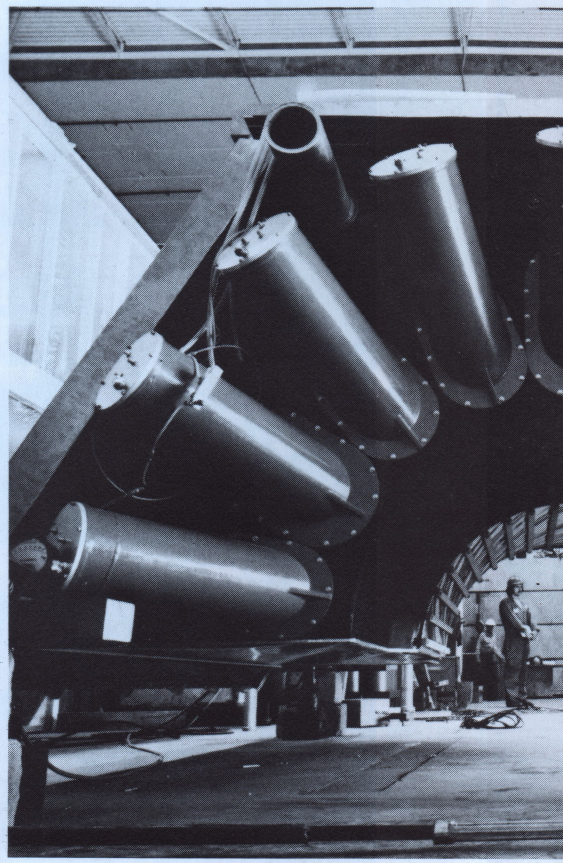
voor hun bestaan er niet gemakkelijker op maakte. Het gemiddelde neutrino schiet dwars door de Aarde heen zonder dat beide iets van elkaar merken. Ten slotte werden ze gevonden door het bellenvat Gargamelle bij CERN.

Volgens het standaardmodel zouden er dus ook kosmische achtergrondneutrino's moeten bestaan en het blijkt dat hun temperatuur circa 2 K zou moeten bedragen. De huidige techniek is niet in staat deze achtergrondneutrino's te ontdekken, als zij al bestaan. De laatste tijd zijn er enkele aanwijzingen dat neutrinos niet massaloos zijn zoals tot nu toe werd aangenomen, maar dat zij mogelijk een geringe massa bezitten. Als dit het geval is en als er achtergrondneutrino's bestaan, kan de huidige dichtheid van het heelal aanzienlijk groter zijn dan tot nu toe werd verondersteld. In het bijzonder zou de kritische dichtheid van het heelal door de massa van de neutrino's kunnen worden overschreden, waardoor zij de oorzaak zijn dat het heelal dan wel zal inkrimpen. Of het neutrino al dan niet massa heeft wordt momenteel door de hoge-energiefysici intensief onderzocht.



Boven: Een meting uit de detector in de Kolar Gold Fields in India, die mogelijk veroorzaakt werd door het verval van een proton.

Onder: De Delco-detector, eveneens op zoek naar een vervallend proton. In de cilinders zitten fotomultiplicatoren die Cerenkov-straling moeten opvangen, in dit geval in gas.



Is het proton stabiel?

Er zijn vier soorten krachten via welke de elementaire deeltjes van de materie op elkaar inwerken. Deze zijn, in volgorde van sterkte, de zwaartekracht, de zwakke interacties, de elektromagnetische krachten en de sterke interacties of kernkrachten. Het is nog steeds een droom van de fysici om een uniforme omschrijving van deze krachten in één theorie onder te brengen. In 1967 en 1968 werkten Salam en Weinberg op basis van eerder werk van Glashow een 'geünificeerde' theorie uit voor zwakke en elektromagnetische interacties. In deze theorie werd onder andere het bestaan voorspeld van deeltjes genaamd $W^{\pm}$ en Z^0 (de tekens $^{\pm}$ en ^{0} staan voor de positieve, negatieve en neutrale elektrische ladingen van deze deeltjes). Deze deeltjes zijn in 1983 bij CERN ontdekt, met de voorspelde massa's.

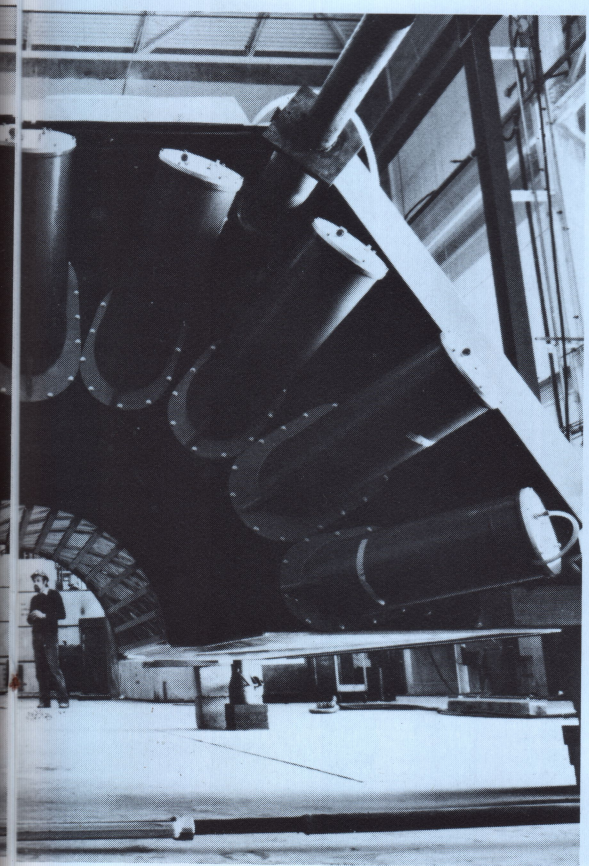
Na het succes van de theorie van Salam en Weinberg zijn pogingen gedaan om een theorie op te stellen die de drie sterkste krachten verenigt. Deze theorieën, die nog niet zijn voltooid, staan bekend als de 'Grand Unified Theories' of GUT's. Er is echter nog veel werk nodig, voor de grote unificatie er is. Guts is

niet helemaal toevallig Amerikaans voor lef. Eén van de voorspellingen van deze theorieën is dat het proton, dat tot nu toe verondersteld werd eeuwig te leven, feitelijk een levensduur heeft van $10^{31\pm2}$ jaar.

Er zijn belangrijke proefnemingen aan de gang in de Verenigde Staten, Europa en India (aan de laatste werken India en Japan samen) om te bepalen of het proton onstabiel is. De Indiaas-Japanse groep maakt melding van verscheidene vermoedelijke gevallen (zie hiernaast) van protonverval en de Europese groep bij CERN heeft verslag uitgebracht over één mogelijk geval. Een dergelijk moeilijk experiment moet echter door verscheidene groepen verschillende keren worden herhaald, ten einde een definitieve bevestiging te krijgen. Bij een vergelijkbaar experiment in Brookhaven werd geen verval aangetroffen en dit spreekt de Indiase resultaten tegen.

Een onzekere toekomst tegemoet

Als het proton onstabiel is, zal dit ernstige consequenties hebben voor de verdere toekomst van het heelal. Ons blokje diamant zal dan uiteenvalen in elektronen en positronen lang voordat het bolvormig wordt of in ijzer verandert. De toekomst op lange termijn van het leven wordt zeer onzeker, aangezien alle materie bestaat uit protonen en neutronen (de laatstgenoemde zouden ook vervallen). Zelfs als de GUT's ongelijk hebben en het proton stabiel is en immuun tegen het door hen voorspelde soort verval, zal volgens Hawking en volgens de quantumtheorie van de zwaartekracht, het proton in ieder geval uiteenvallen, na een levensduur van ongeveer 10^{45} of 10^{50} jaar. Het enige dat we momenteel dus écht zeker weten is dat het in ieder geval onze tijd wel zal duren ...



Literatuur

Islam, J.N., (1983). *The Ultimate fate of the Universe.* Cambridge University Press, Cambridge (UK).

Hawking, S.W., (1977). *The quantum mechanics of black holes.* Scientific American, januari 1977.

Hawking, S.W., (1983). *De theoretische fysica – Einde in zicht?* Natuur en Techniek *51,* 10, pag. 742-757.

Cabibbo, N., (1983). *De grote unificatie – Alle natuurkrachten onder één noemer?* Natuur en Techniek *51,* 8, pag. 606-625.

Weinberg, S., (1983). *De eerste drie minuten. Nieuwe inzichten over het ontstaan van het heelal.* Natuur en Techniek, Maastricht/Brussel. ISBN 90 70157 32 2.

Bronvermelding illustraties

Science photo library: pag. 522-523, 526-527, 530 midden, 531 boven en onder.
NASA, Washington: pag. 526 onder.
Leicester University: pag. 527 onder.
Sterrenwacht Utrecht: pag. 529.
Mount Wilson and Palomar Observatories: pag. 530 boven, 533.
Brookhaven National Laboratory, Brookhaven, USA: pag. 532-533, 535.
Bell Telephone Laboratories, New York: pag. 534 boven.
CERN, Genève: pag. 534 onder, 536-537.

HET NARS-PROJECT

A.M.H. Nolet
Afdeling Theoretische Geofysica
Rijksuniversiteit Utrecht

Stethoscoop voor Moeder Aarde

Achter het koele, bewolkte uiterlijk dat de Aarde ons op ruimtefoto's toont, verbergt zich een oververhitte gesteentemassa. Processen in de aardkorst, zoals spreiding van oceaanbodem, gebergtevorming, vulkanisme en seismische activiteit zijn allemaal uitvloeisels van de pogingen die de Aarde in

het werk stelt om haar teveel aan calorieën kwijt te raken. Het dynamisch gedrag van de Aarde speelt zich voornamelijk in het bovenste deel van de mantel af. Van het afkoelingsproces onder oceanen heeft men zich nu een goed beeld kunnen vormen. De bovenmantel onder de continenten is echter nog een groot onontgonnen gebied. Seismologen van de Rijksuniversiteit Utrecht maken zich op om met een reusachtige (3000 km lang!) 'antenne' van seismische stations (zie de inzet links) een spectaculaire ontdekkingsreis naar het diepe inwendige van onze eigen planeet te starten.

Boven: Op vele plaatsen op Aarde ontmoeten continentale en oceanische lithosfeer elkaar, zoals hier aan de westkust van Californië. Geofysisch onderzoek in de afgelopen decennia heeft geleid tot een goed begrip van de oceanische lithosfeer en haar gedrag bij afkoeling. Maar de diepe structuur van de Aarde onder continenten stelt ons nog voor veel raadsels. Nieuwe seismologische gegevens worden gebruikt om de continentale lithosfeer gedetailleerd in kaart te brengen. De regelmatige witte stippen in zee zijn olieplatforms, terwijl de verspreide stippen schepen zijn. De opname werd gemaakt door de Space-Shuttle Columbia, tijdens de tweede vlucht in 1981.

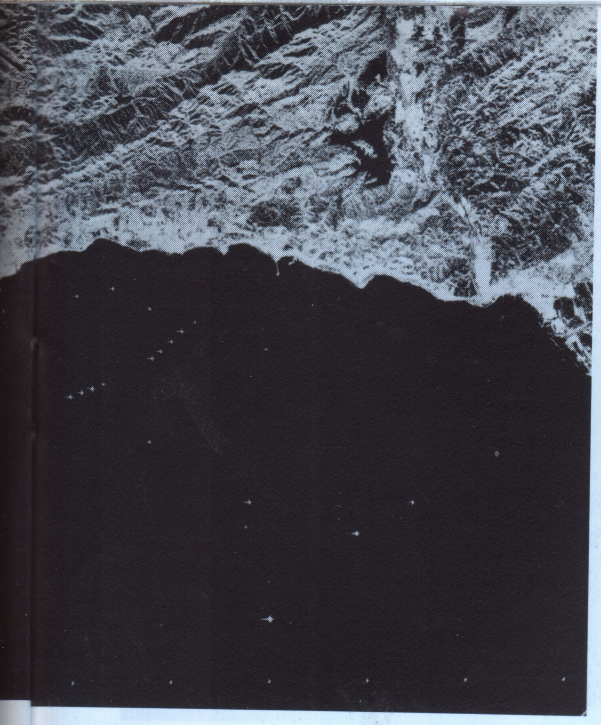
Een grote seismologische antenne

We weten niet precies hoe ons zonnestelsel 4600 miljoen jaar terug is gevormd. Vermoedelijk is de Aarde ontstaan uit condensatie van de 'zonnenevel', een langzaam roterende, schijfvormige massa van gas en stof, het restant van de explosie van een oudere ster. Condensatiekernen dichtbij de zon raakten hun gasvormig omhulsel snel kwijt; wat overbleef was een gloeiende bol van vloeibaar materiaal. Een alternatieve theorie veronderstelt dat zich eerst gordels van asteroiden vormden, die uiteindelijk samenklonterden tot kleine planeten zoals de Aarde.

Over de gebeurtenissen die volgden op de vorming van de Aarde tasten we ook grotendeel in het duister. In het eerste stadium van haar bestaan is de Aarde gebombardeerd door grote meteorieten, waardoor de temperatuur nog verder toenam, maar uiteindelijk kreeg toch de afkoeling door uitstraling in de ruimte de overhand. Als de zware, grotendeels uit ijzer bestaande aardkern al niet bij de accretie van de Aarde is ontstaan, dan moet deze zeer kort daarna zijn gevormd door het naar beneden zinken van vloeibare ijzerdeeltjes. Het heeft enkele honderden miljoenen jaren gekost voor de Aarde zover was afgekoeld dat er een gestolde korst ontstond. De oudste steen die ooit gevonden is komt van West-Groenland en is gedateerd op 3824 miljoen jaar. De Aarde was 2000 miljoen jaar geleden in ieder geval voldoende ver afgekoeld om primitieve organismen een levenskans te bieden.

Afkoeling van de Aarde

Koelt de Aarde nog steeds af? Zij straalt momenteel ongeveer 4.10^{13} watt de ruimte in, de produktie van zo'n 40000 kerncentrales. Deze vergelijking is zo gek nog niet, want het overgrote deel van deze energie is afkomstig van het radioactief verval van kalium, uranium en thorium. Of dat voldoende is om de Aarde daadwerkelijk af te koelen hangt af van de hoeveelheid energie die nu in het inwendige wordt geproduceerd. Dit valt moeilijk te schat-



Onder: Tot in de vorige eeuw leefde het idee dat de Aarde van binnen hol was. In zijn 'Reis naar het binnenste van de aarde' toonde Jules Verne zich zelfs een fervent voorstander van deze gedachte. Zijn hoofdpersoon, Otto Lidenbrock, ontdekt in dit boek een grote onderaardse zee die hij, niet erg bescheiden, de Lidenbrock-zee doopt.

ten, met name omdat we niet weten hoeveel radioactief kalium zich in de Aarde bevindt.

Het is bijna genant hoe weinig we weten van ons eigen hemellichaam! Toch staat een ding vast: de Aarde is een enorm vat met een teveel aan joules. Het warmtegeleidingsvermogen van de gesteenten is niet voldoende om deze warmte door simpele geleiding naar buiten te brengen. In plaats daarvan wringt de Aarde zich letterlijk in bochten om te kunnen afkoelen. Elk geologisch proces gaat gepaard met omzetting van energie. De Aarde verricht 'arbeid' om bijv. de oceaanbodem te doen spreiden en gesteente plaatselijk te laten smelten. Het grootste deel van deze energie komt uiteindelijk in de vorm van warmte terecht in de oceanen en de atmosfeer, vanwaar het in de ruimte kan worden uitgestraald.

Het onbekende inwendige

Speculaties over het inwendige van de Aarde gaan terug tot de klassieke mythen, waarin de visie op de onderwereld vanzelfsprekend sterk werd bepaald door vulkaanerupties en aardbevingen in de Griekse archipel. Hierdoor geïnspireerd plaatste Dante in zijn Divina Comedia de Hel in het inwendige van de Aarde. Hij stelde de Hel voor als een cirkelvormige ruimte, die naar het middelpunt van de Aarde steeds nauwer toeloopt. De omheining van deze afgrond bestaat uit acht afdelingen, of naar de diepte aflopende gangen. De negende afdeling is de bodem van de Hel, die uitkomt in het middelpunt der Aarde, waar Lucifer zich bevindt.

De eerste echt fysische meting van het diepe inwendige van de Aarde is afkomstig van de Engelse astronoom Nevil Maskeline die in 1776 de gemiddelde dichtheid van de Aarde bepaalde op 4500 $kg \cdot m^{-3}$. Deze berekening werd in 1798 door Cavendish verbeterd tot 5450 $kg \cdot m^{-3}$ (de werkelijke waarde is 5520 $kg \cdot m^{-3}$).

Deze metingen maakten het bestaan van een holle Aarde zeer onwaarschijnlijk, al leefde dit idee in de vorige eeuw nog actief voort in science-fiction literatuur, zoals Jules Verne's 'Voyage au centre de la terre' (1865) en Edgar Allen Poe's onvoltooide 'Narrative of Arthur Gordon Pym'. Nog in 1825 deed een zekere Captain John Cleves Symmes het voorstel om een expeditie uit te rusten, die via een gat in de

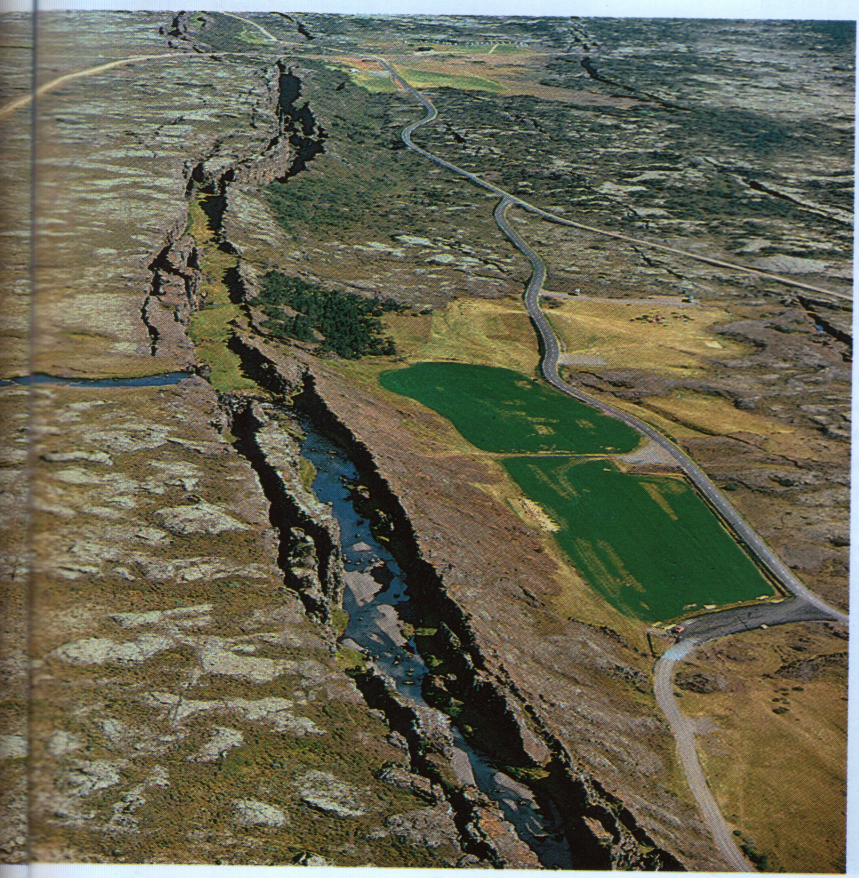
Noordpool naar het binnenste van de Aarde zou reizen. Het kreeg 25 voorstemmen in het Amerikaanse congres!

De controverse of de Aarde uit vast gesteente bestond, of voor een groot deel uit gesmolten materiaal of visceus gas, heeft geduurd totdat de eerste seismologische waarnemingen aan het begin van deze eeuw uitsluitsel gaven: het werd toen duidelijk dat de Aarde een vaste mantel had, die een vloeibare kern omsloot.

De exacte samenstelling van de kern is tot op de dag van vandaag onzeker, al is het wel duidelijk dat ijzer het meest voorkomende element moet zijn. In dit verband is het aardig op te merken dat een van de eerste studies naar de transformatie onder zeer hoge druk van waterstof tot een metaal in 1946 werd uitgevoerd door de Nederlandse fysici Kronig, De Boer en Korringa. Dit werd ingegeven door een eerdere suggestie van Van der Waals dat de kern van de Aarde uit metallisch waterstof zou bestaan! We weten nu dat de dichtheid in de kern daarvoor te groot is. Maar het illustreert hoe het gebrek aan kennis over het inwendige van de Aarde tot op dit moment ruimte laat voor speculaties, nieuwe theorieën en controverses (die drie gaan meestal samen). Het maakt de geofysica tot een wetenschap die qua levendigheid niet onderdoet voor de astronomie of de hogeenergiefysica.

Structuur van de Aarde

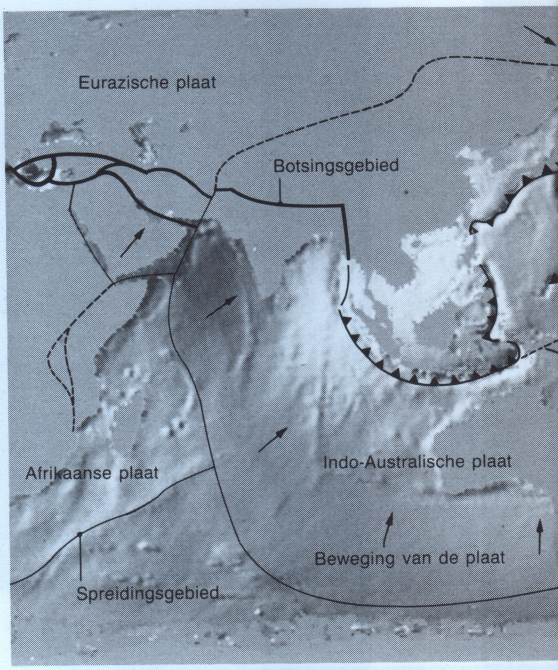
Met name in de laatste twee decennia heeft het onderzoek naar de voortplanting van seismische golven onze kennis over het inwendige van de Aarde aanzienlijk vergroot. De structuur van het diepe inwendige is samengevat in figuur 1. We weten nu dat de Aarde een gestolde binnenkern heeft met een straal van ongeveer 1217 km en een vloeibare buitenkern met een straal van 3486 km. Aan de buitenkant bevindt zich een 100 km dikke laag, de lithosfeer. De buitenste laag hiervan bestaat uit licht gesteente, de aardkorst. Aan de kern-mantelgrens daalt het soortelijk gewicht van het materiaal van ongeveer 10000 $kg \cdot m^{-3}$ naar 5500 $kg \cdot m^{-3}$. In de benedenmantel bestaat het gesteente waarschijnlijk uit zeer compacte oxiden, of wellicht uit nog onbekende kristalstructuren met een zeer hoge dichtheid.



De afkoeling van de Aarde gaat vaak gepaard met wilde geologische verschijnselen. De foto's laten dit zien. Linksboven een dorp dat verwoest werd door de uitbarsting van de vulkaan G. Gelungung op West-Java. Geheel links de uitbarsting van de vulkaan Anak Krakatau ('kind van de Krakatau') in Indonesië. Hiernaast een luchtfoto van de zuidwestkust van IJsland waar de mid-oceanische rug aan het oppervlak komt (Thinvellir).

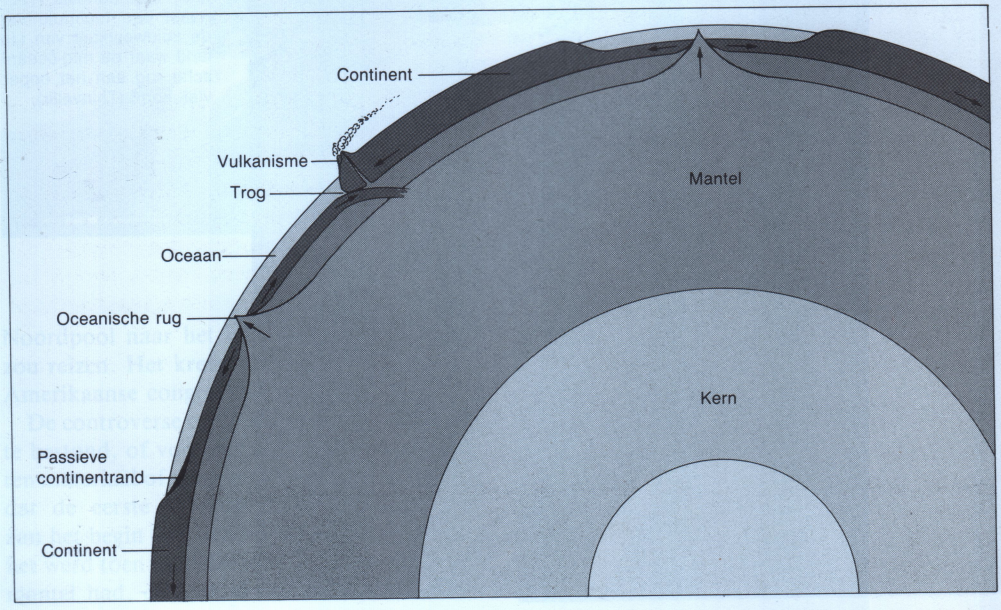
Op een diepte van 1000 km is de druk ver genoeg gedaald om ook minder dichte kristalstructuren mogelijk te maken. In het hierboven gelegen deel van de mantel (de 'bovenmantel') vindt een reeks faseovergangen plaats, waarvan de voornaamste op diepten van ongeveer 670 en 400 km. De dichtheid neemt naar het oppervlak sterk af: van 4700 $kg \cdot m^{-3}$ op 1000 km diepte tot ongeveer 3300 $kg \cdot m^{-3}$ net onder de korst. Het mineraal olivijn, een magnesium/ijzersilicaat, is naar alle waarschijnlijkheid het belangrijkste bestanddeel tot op een diepte van 400 km. De korst zelf bestaat uit veel lichter materiaal: zo is de dichtheid van graniet niet meer dan 2700 $kg \cdot m^{-3}$.

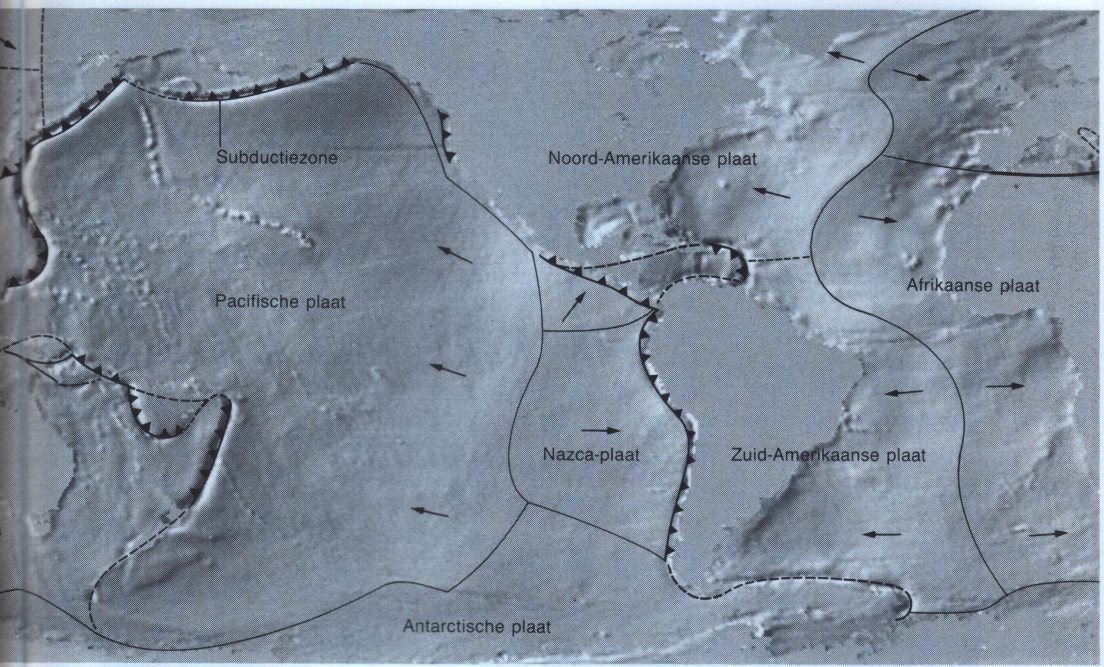
Van de bovenmantel weten we nu dat deze van plaats tot plaats sterk kan verschillen. Dit is een direct gevolg van het feit dat een aantal dynamische processen, waarmee de Aarde haar overschot aan warmte probeert kwijt te raken, in de bovenmantel gelokaliseerd is. Met name onder de oceanen weet men veel over wat er zich in de mantel afspeelt.



Onder: Fig. 1. Sinds het begin van deze eeuw kennen we de globale opbouw van de Aarde: een vloeibare kern, omgeven door een vaste mantel. De spreiding van de oceanische lithosfeer is ook aangegeven. Warm gesteente kruipt bij de oceanische rug naar boven, waar de lithosfeer met een snelheid van 1 tot 8 cm per jaar uiteenwijkt. Bij een 'actieve' marge (links) zinkt de lithosfeer weer terug in de mantel. Bij een 'passieve' marge (links onderaan) gaat de oceanische lithosfeer meer geleidelijk over in de continentale bovenmantel.

Boven: Een overzicht van de belangrijkste lithosferische schollen. De foto is gebaseerd op Seasat-waarnemingen, die de breuklijnen en ruggen goed laat zien.





De spreidende oceanen

Ongeveer tweederde deel van de aardkorst is oceaan. Geofysisch onderzoek leerde ons dat de warmteafgifte van de oceaanbodem het grootst is op een oceanische rug en dat ouderdom van het korstgesteente toeneemt met de afstand tot de rug. De oceaankorst blijkt bovendien nergens ouder dan 200 miljoen jaar! Bestudering van aardbevingen bij de oceanische ruggen en troggen geeft aan waarom: onder de mid-oceanische ruggen bevinden zich haarden van gesmolten gesteente (magma), van waaruit in een continu proces nieuwe oceaankorst wordt gevormd. Eenmaal gestolde basaltkussens bewegen zich van de rug af met enkele centimeters per jaar.

Niet alleen de dunne oceanische korst wordt betrokken in dit spreidingsproces, maar ook een deel van de mantel, de 'lithosfeer'. Deze bestaat uit gesteente dat ver genoeg is afgekoeld om als een sterke, solide, schol te reageren op de aanhoudende zijwaartse krachten. De gesteentelaag daaronder reageert veel plastischer en staat bekend als de 'asthenosfeer'. Naarmate het gesteente verder weg drijft van de rug koelt het af en neemt de dikte van de lithosfeer toe, tot zo'n 100 km voor de oudste delen van de oceanische schollen.

Dit simpele afkoelingsmodel voor de oceanische lithosfeer werd in 1967 geformuleerd door Turcotte en Oxburgh en is zeer bruikbaar voor de verklaring van een aantal waarnemingen. Zo verklaart het waarom de afname van de warmtestroom en de toename van de waterdiepte, beide ruwweg evenredig zijn aan de vierkantswortel uit de ouderdom van de lithosfeer. Dit afkoelingsmodel voor de oceanische lithosfeer wordt nu alom geaccepteerd.

Op zo'n tien plaatsen op Aarde duikt de solide schol terug in de plastische mantel. Daar vormt zich een oceanische trog, terwijl het voorkomen van aardbevingen tot op 700 km diepte erop wijst dat de schol in ieder geval tot op die diepte zijn sterkte behoudt (fig. 1). De verdeling van de belangrijkste schollen is hierboven geschetst.

De continenten

Bijna alle schollen dragen ook continenten. Continenten kenmerken zich door een veel dikkere korst: gemiddeld zo'n 33 km dik, op sommige plaatsen zelfs 70 km! Het korst-

gesteente is te licht van gewicht om bij subductie meegevoerd te worden in de mantel.

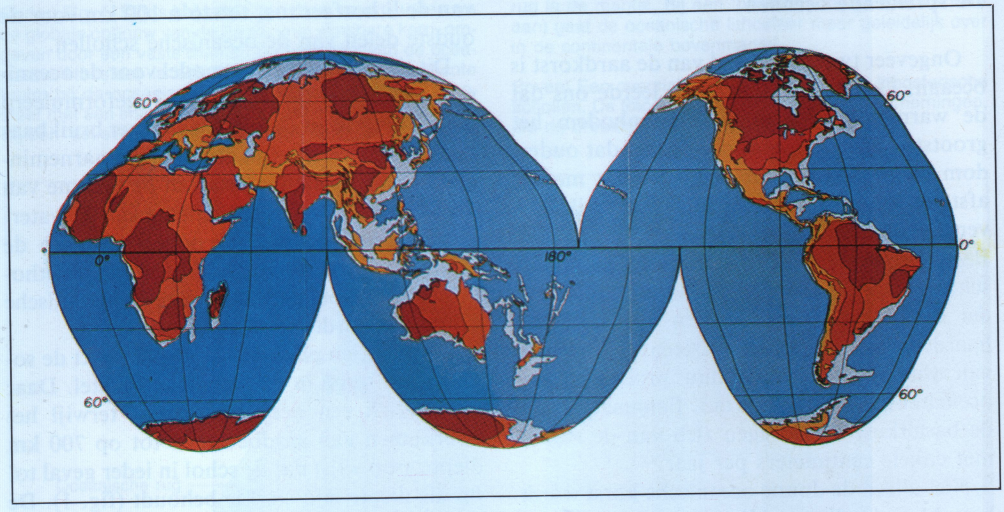
Het succes van het simpele afkoelingsmodel voor de oceanische lithosfeer leidde aanvankelijk tot pogingen het ook toe te passen op de continenten. Volgens deze hypothese wordt de continentale lithosfeer sterk opgewarmd tijdens perioden van gebergtevorming en koelt vervolgens af door geleiding. De lithosfeerdikte zou dus ook hier weer toenemen met de ouderdom; dit keer echter gedefinieerd als de tijd verstreken sedert de laatste periode van gebergtevorming (zie hieronder).

Een zwakte van het afkoelingsmodel is dat het weinig raad weet met de inkrimping die het gevolg is van de afkoeling. Deze inkrimping zou voldoende zijn om oude schilden, zoals het Skandinavische, zo'n 8 km onder water te doen zinken. Toevloed van zwaar plastisch materiaal op grote diepte in de mantel zou het schild voldoende kunnen opheffen, maar een dergelijk massa-overschot komt niet naar voren uit de variaties van de zwaartekrachtsversnelling aan het aardoppervlak. Evenmin zijn de schilden bedekt met een dikke laag sediment van gering soortelijk gewicht.

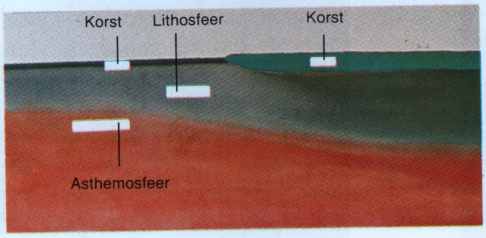
Om deze bezwaren te ondervangen postuleerde Jordan in 1975 dat er belangrijke chemische verschillen bestaan tussen het oceanische en continentale bovenmantelgesteente. Deze chemische verschillen zouden kunnen ontstaan door het uitsmelten van de zware basaltische componenten in het gesteente (granaat en clinopyroxeen). Ondanks de afkoeling blijft de

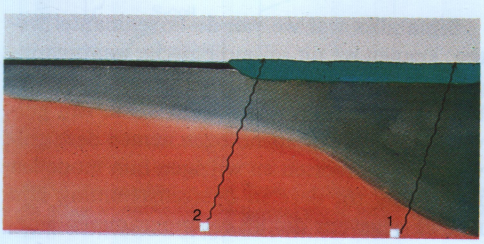
Onder: De afkoeling van de continentale lithosfeer. Het grootste deel van de continentale korst was zo'n 300 miljoen jaar geleden reeds gevormd en afgekoeld. Veel fragmenten zijn echter in een later stadium weer opgewarmd, bijvoorbeeld in een fase van gebergtevorming. De tijd, verstreken sinds de laatste opwarming, geldt als de 'ouderdom' van de continentale lithosfeer. Geel is 0-250 miljoen jaar, oranje is 250-800 miljoen jaar, rood is 800-1700 miljoen jaar, bruin ouder dan 1700 miljoen jaar.

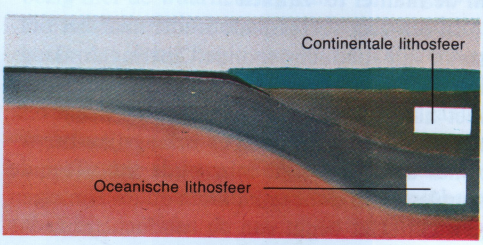
Rechts: In het noordwesten van de Verenigde Staten zijn vele gebieden waar geysers actief zijn. Dit is de Gerlach geyser in Nevada, die zijn warmte ontleent aan de processen die zich in de aardkorst afspelen.



Rechts: Drie theorieën over de ontwikkeling van de continentale bovenmantel. Het simpele afkoelingsmodel, waarin de dikte van de lithosfeer afhangt van de ouderdom van de continentale korst (zie hierboven); Jordan's model van continentale wortels met een andere chemische samenstelling. Jordan leidde de dikte van de wortel af uit verschillen in looptijden van seismische golven door de wortel (1) en ernaast (2); het model van Vlaar, waarin continentale lithosfeer 'verdubbelt' door horizontale onderschuiving van de jonge oceaanlithosfeer.




2
1


Continentale lithosfeer
Oceanische lithosfeer

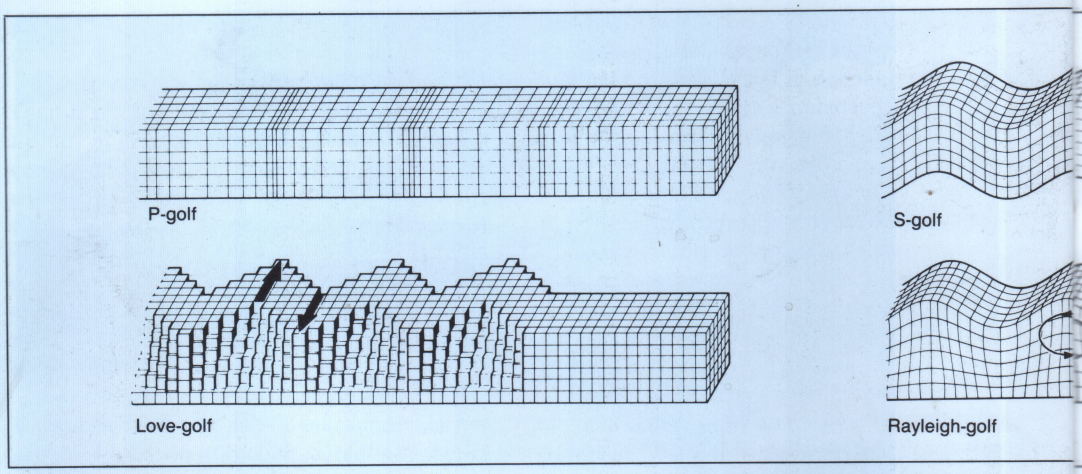


Fig. 2. De deeltjesbeweging voor de vier belangrijkste vormen van seismische golven: longitudinale of P-golven, transversale of S-golven, Love- en Rayleigh-golven. De laatste twee golven zijn oppervlaktegolven, die hun energie dicht bij het oppervlak houden. Meting van de snelheden van deze oppervlaktegolven is moeilijk, maar levert wel cruciale informatie op over de bovenmantel.

lithosfeer dan toch gelijk in soortelijk gewicht.

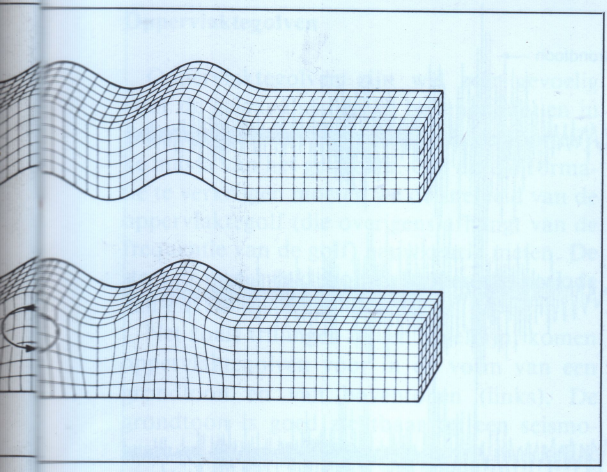
Uitgekiend teamwerk van drie Utrechtse geofysici heeft in de laatste paar jaar geleid tot een derde theorie. Ook deze theorie kwam voort uit onderzoek dat toegespitst was op oceanen. In 1976 toonden Vlaar en Wortel aan dat er een nauw verband bestaat tussen de hoek, waaronder een oceanische lithosfeer in de mantel terugduikt en de ouderdom ervan. Simpelweg gesteld: hoe ouder, hoe steiler de subductie. Jonge lithosfeer zal dus vrij horizontaal onderschuiven. Dit zien we in feite gebeuren aan de westkust van Noord-Amerika. Het verschijnsel van horizontale onderschuiving werd lange tijd gezien als niet veel meer dan een curiositeit. De subductie zou inzetten op het moment dat de lithosfeer ver genoeg zou zijn afgekoeld om door zijn eigen gewicht in de mantel te 'zakken'.

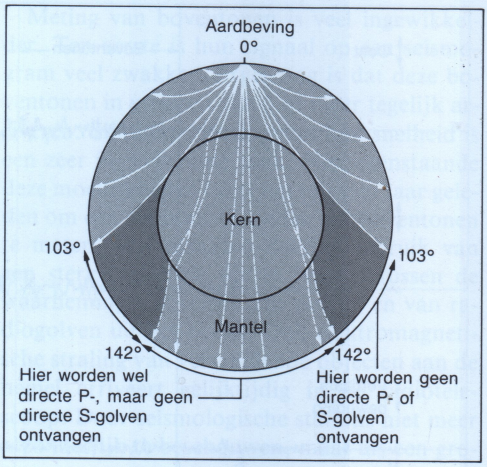
In een zeer verrassende studie naar het ontstaan van subductie toonde Cloetingh onlangs aan dat de oceanische lithosfeer bij afkoeling niet alleen aan soortelijk gewicht, maar ook aan sterkte wint. Tenzij er belangrijke breukzones aanwezig zijn, mist oude lithosfeer de souplesse om door te knikken onder zijn eigen gewicht. Het begin van de subductie zou dus bij voorkeur bijna horizontaal geschieden. Vlaar trok hieruit een gedurfde conclusie en postuleerde dat continenten in principe evolueren door een proces van verdubbeling van hun lithosfeer bij horizontale subductie en de daarmee gepaard gaande complicaties. Zijn model voorspelt onder meer een sterke gelaagdheid van de mantel onder continenten.

Hoe kunnen we nagaan welke van de bovenstaande theorieën, weergegeven onderaan pag. 546-547, correct is? Het is duidelijk dat we een gedetailleerd beeld van de bovenmantel nodig hebben, in ieder geval tot op een diepte van zo'n 400 km. Seismische golven zijn daartoe onze beste informatiebron. Boringen hebben ons nooit dieper gebracht dan 10 km.

Seismologisch bewijs

Bijna alles wat we van de bovenmantel weten, kennen we uit seismologische waarnemingen. De seismologische energie die vrijkomt bij een aardbeving wordt in de vorm van golven uitgestraald. Seismologen nemen deze golven waar en toetsen en wijzigen hun modellen net zolang tot deze in overeenstemming zijn met de gegevens die uit seismogrammen wor-





Boven: Fig. 4. Seismische snelheden nemen toe met de diepte in de Aarde. De brekingsindex voor seismische stralen neemt dus af en stralen worden naar het aardoppervlak teruggebogen. De structuur van de Aarde, zoals weergegeven in figuur 1 is grotendeels bepaald uit waarneming van dit soort golven. De aardkern is vloeibaar en daardoor een obstakel voor S-golven.

den gedestilleerd. Dat is niet zo eenvoudig als het lijkt. De Aarde werkt op seismische golven namelijk als een zeer gecompliceerde lens, die golven breekt, reflecteert, maar ook verstrooit. Als gevolg daarvan bevat elk seismogram een grote diversiteit aan golftypen.

De snelste golven zijn de primaire of 'P'-golven. Dit is een longitudinale golfbeweging, die zich dicht bij het aardoppervlak met een snelheid van ongeveer 5 $km \cdot s^{-1}$ voortplant en diep in de Aarde snelheden bereikt tot 13 $km \cdot s^{-1}$. Wat langzamer gaan de secundaire of 'S'-golven waarbij de beweging transversaal (zijwaarts) is (zie fig. 2). De snelheden van S-golven in de Aarde liggen tussen 3 en 7 $km \cdot s^{-1}$. P- en S-golven planten zich door de Aarde voort als lichtgolven door een lens (zie fig. 3 en 4).

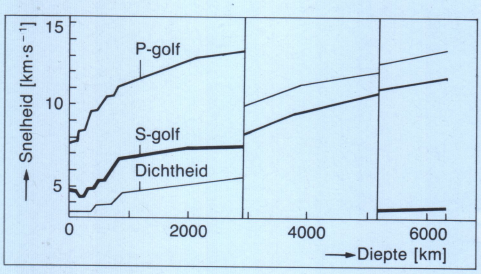
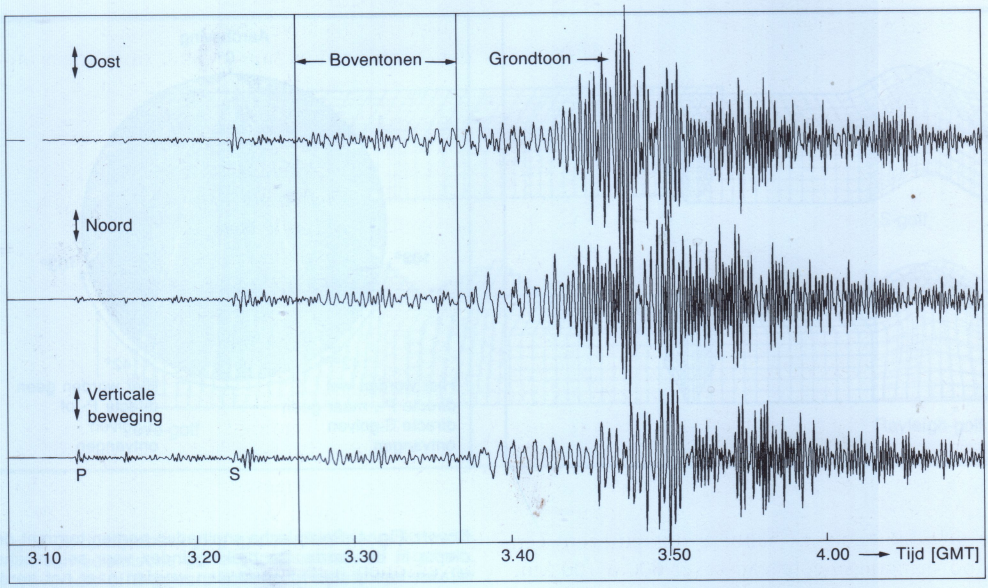


Fig. 3. De snelheden van P- en S-golven als functie van de straal in de Aarde. De buitenkern is vloeibaar en laat geen transversale (S-)golven door.

Ondiepe aardbevingen stralen hun energie voornamelijk uit in de vorm van een derde type golven: oppervlaktegolven. Deze lopen als een rimpeling over het oppervlak, zoals golven in een vijver waarin een steen is gegooid. Bij oppervlaktegolven onderscheiden we ook weer twee typen, namelijk met en zonder verticale beweging. Naar hun ontdekkers worden deze respectievelijk Rayleigh- en Love-golven genoemd (zie fig. 2). De klassieke seismologie houdt zich al sedert het eind van de 19e eeuw bezig met de waarneming van P- en S-golven. Dit resulteerde in het globale beeld van de opbouw dat in het begin van dit artikel werd geschetst. Om verschillende redenen schieten P- en S-golven echter te kort als het er om gaat de structuur van het bovenste deel van de mantel nauwkeurig te bepalen. We moeten dan ook naar nieuwe methoden zoeken om hypothesen over dit deel van de mantel te testen.



Boven: Een opname in het Utrechtse NARS-station (prototype) van de zware aardbeving aan de westkust van het Japanse eiland Honshu, op 26 mei 1983, om 3.00 GMT. De aankomst van de P- en S-golven is aangegeven bij de verticale beweging. Na deze golven arriveren vervolgens de boventonen en de grondtoon van de oppervlaktegolven.

Oppervlaktegolven

Oppervlaktegolven zijn wél zeer gevoelig voor de gelaagdheid in de bovenmantel en in zekere mate ook voor variaties in de soortelijke massa van het gesteente. Om deze informatie te verkrijgen moeten we de snelheid van de oppervlaktegolf (die overigens afhangt van de frequentie van de golf) nauwkeurig meten. De sterkste oppervlaktegolven hebben een periode van enkele tientallen seconden.

Net zoals trillingen in een orgelpijp, komen oppervlaktegolven voor in de vorm van een grondtoon en van boventonen (links). De grondtoon is goed zichtbaar op een seismogram en de snelheid daarvan is vrij makkelijk meetbaar; maar de grondtoon reikt niet veel dieper dan zo'n 200 km. De boventonen van oppervlaktegolven hebben daarentegen een doordringingsdiepte van zeker 600 à 700 km.

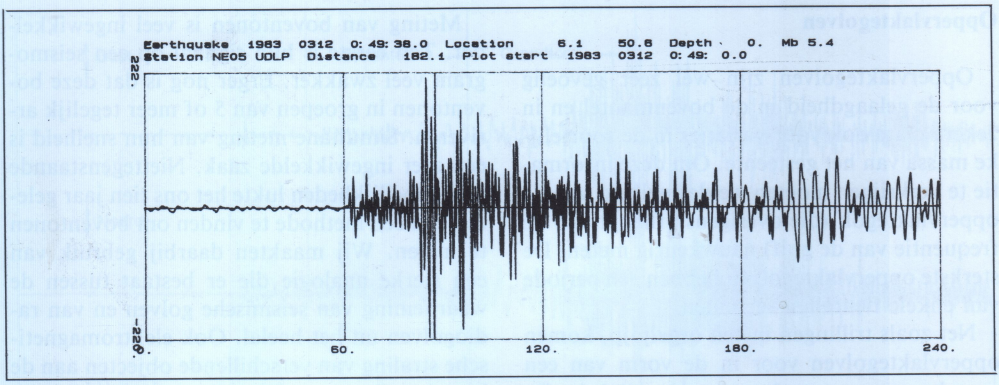
Meting van boventonen is veel ingewikkelder. Ten eerste is hun signaal op een seismogram veel zwakker. Erger nog is dat deze boventonen in groepen van 5 of meer tegelijk arriveren. Simultane meting van hun snelheid is een zeer ingewikkelde zaak. Niettegenstaande deze moeilijkheden lukte het ons tien jaar geleden om een methode te vinden om boventonen te meten. Wij maakten daarbij gebruik van een sterke analogie die er bestaat tussen de waarneming van seismische golven en van radiogolven uit het heelal. Ook elektromagnetische straling van verschillende objecten aan de hemel arriveert gelijktijdig in de radiotelescoop. Door seismologische stations niet meer afzonderlijk te beschouwen, maar als een grote antenne – ongeveer zoals de keten van radiotelescopen in Westerbork – slaagden we er inderdaad in om snelheden van seismische boventonen meetbaar te maken.

Boven: Grotten en wijnkelders vormen een goede lokatie voor de seismografen van NARS, die zover mogelijk van de bodemruis van steden en autowegen moeten worden geplaatst. Op de foto de inspectie van een NARS-station in een grot in de Pyreneën.

Links: Met name in de korst van de Aarde gaan de bewegingen doorgaans niet geleidelijk, maar scholksgewijs in de vorm van aardbevingen (Teora, Italië, 1980).

Het NARS project

Aan die eerste metingen kleefden nog veel bezwaren, vooral omdat gewone seismologische stations niet zijn berekend op dit soort werk. Een van de interessantste resultaten was de ontdekking van een laag met relatief gering soortelijk gewicht op een diepte van 220 km.



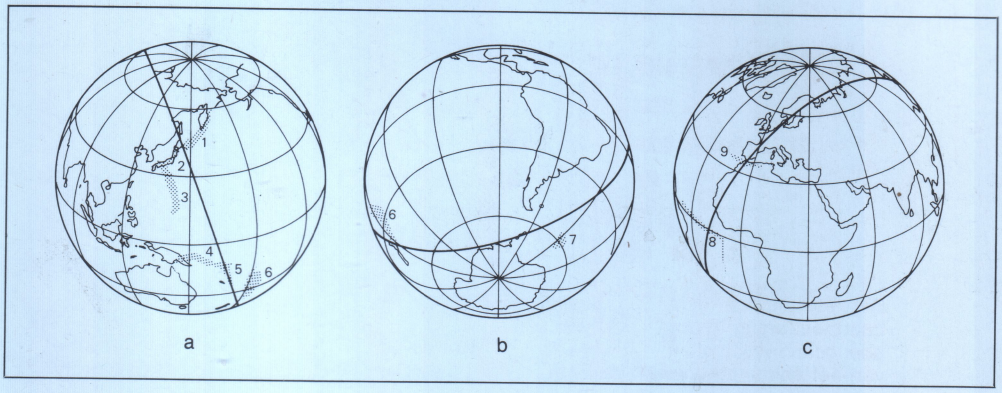
Deze waarneming is naderhand van verschillende kanten aangevochten, maar de meest recente boventoonmetingen van de Franse seismoloog Cara lijken haar toch te bevestigen. Een 'lage-dichtheidslaag' zou Vlaar's hypothese van lithosfeerverdubbeling sterk ondersteunen.

Om tot betere resultaten te komen zouden seismologische stations veel dichter op elkaar moeten staan dan gebruikelijk is. Dit leek tien jaar geleden nog een vrome (want te dure), wens. Maar met de opkomst van de microprocessor werd het mogelijk om seismologische stations onbemand te laten functioneren. Vanaf 1979 zijn de seismologen van de Rijksuniversiteit in Utrecht bezig geweest met het ontwerpen van een *n*etwerk van *a*utonoom *r*egistrerende *s*tations (NARS) dat speciaal geschikt zou zijn voor het registreren van boventonen.

Boven: Ook de beving van 8 november 1983 bij Luik is door NARS-stations geregistreerd. Dit is een opname van de verticale grondbeweging in Utrecht.

Links: Fig. 5. De lokatie van de stations van het Netwerk van Autonoom Registrerende Stations (NARS).

Rechtsboven: Fig. 6. De grote cirkel door NARS loopt door een aantal gebieden met zware en frequente aardbevingen, met name in het westen van de Stille Oceaan: Kurilen (1), Honshu (2), Izu-Bonin en Mariana eilandenboog (3), New Britain en Solomon eilanden (4), Tonga-Kermadec (6), South Sandwich eilanden (7), Mid-Atlantische rug (8), Azoren-breukzone en Noord Afrika (9). Bevingen in deze gebieden zijn de meest geschikte bronnen voor seismische metingen met het netwerk.



Dank zij de efficiënte medewerking van de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO), die het netwerk inpaste in het Europese Geotraverse Project (zie de rubriek Actueel in N&T van april 1984), kon het project snel van start gaan. Elk station van NARS bestaat uit 3 seismometers, die zijn gekoppeld aan een microprocessor. Deze analyseert voortdurend de binnenkomende trillingen. Als de microprocessor de binnenkomst van aardbevingsgolven detecteert wordt het signaal opgeslagen op een digitale cassetteband van grote capaciteit. Deze band hoeft slechts eenmaal in de week te worden verwisseld en naar het dataverwerkingscentrum in Utrecht opgestuurd.

De installatie van de 14 stations van het netwerk werd eind 1983 voltooid (zie fig. 5). Het netwerk staat als een antenne gericht op seismisch actieve gebieden in het westen van de Stille Oceaan (zie fig. 6). Met een onderlinge stationsafstand van gemiddeld 200 km is het netwerk tot nu toe uniek in de wereld. NARS toont ook aan dat 'planetair' onderzoek niet duur hoeft te zijn: de apparatuurinvestering van ongeveer één miljoen gulden valt in het niet bij de kosten van een satelliet of een diepzeeboring en is goed voor een levensduur van zeker 10 jaar. De installatie van de stations is bijna geheel door slechts twee man verzorgd: seismoloog Bernard Dost en elektronicus Arie van Wettum. Het verwisselen van cassettebandjes en ander klein onderhoud wordt door vrijwilligers ter plaatse gedaan.

Met het incomplete netwerk zijn tijdens de testfase al boventonen gemeten bij een frequentie van 50 mHz, ruim boven het tot nu toe haalbare maximum van 35 mHz. We verwachten met het complete netwerk nog hoger te komen. Naast waarnemingen van oppervlaktegolven biedt de configuratie van NARS geheel nieuwe mogelijkheden voor waarneming van P- en S-golven, zodat ook het diepe inwendige van de Aarde met behulp van deze seismologische antenne beter zal kunnen worden ontsloten.

Literatuur

Cloeting, S., Wortel, R., Vlaar, N., (1982). *Evolution of Passive Continental Margins and Initiation of Subduction Zones.* Nature *297,* pag. 139-142.

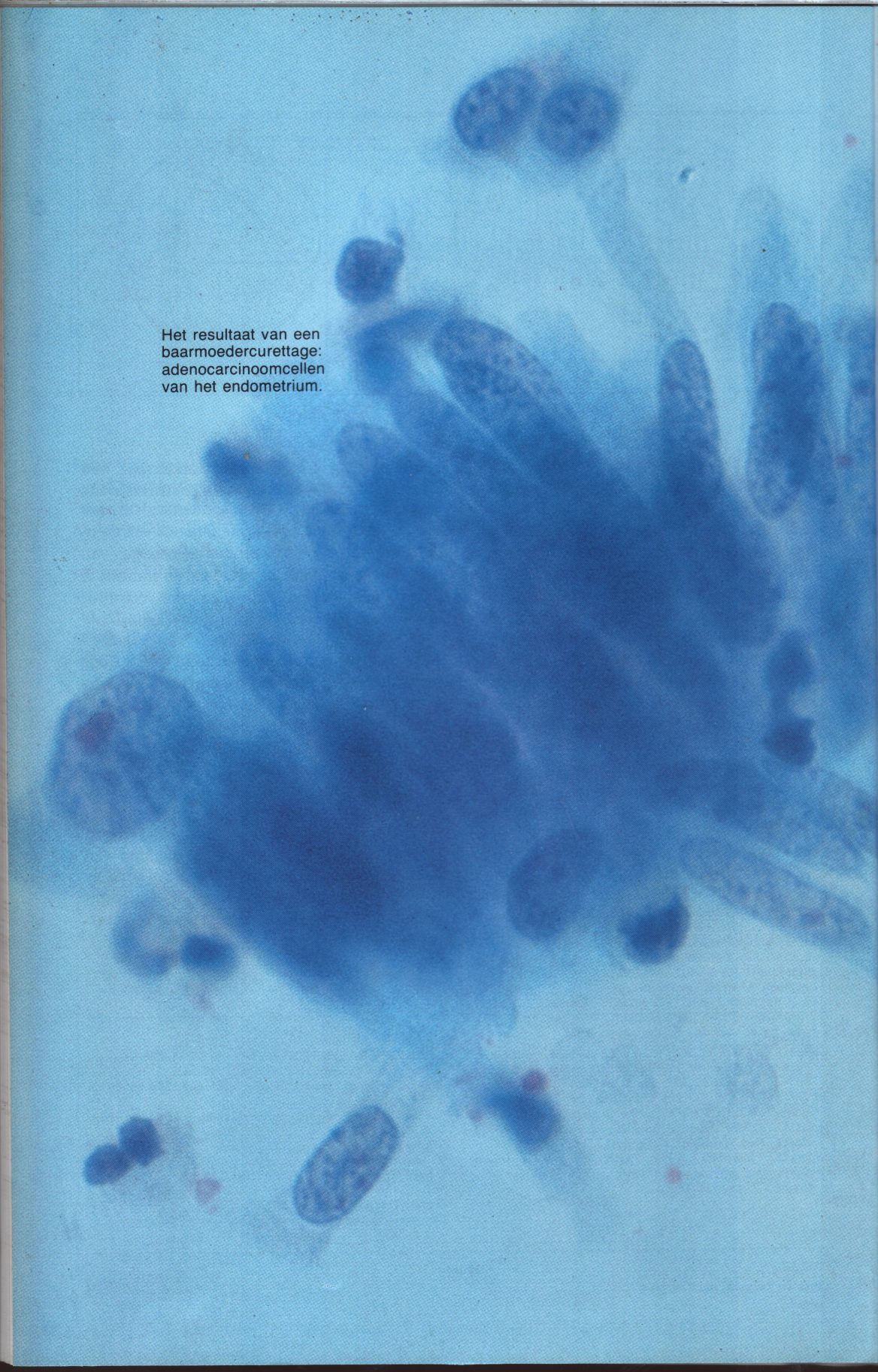
Jordan, T.H., (1979). *The Deep Structure of the Continents.* Scientific American *240,* januari, pag. 70-83.

Nolet, G., (1982). *Spectroscopie van elastische golven in de Aarde.* Ned. Tijdschr. v. Natuurk. *A48,* pag. 32-36.

Nolet, G., Vlaar, N.J., (1982). *The NARS Project: probing the Earth's interior with a large seismic antenna.* Terra Cognita *2,* pag. 17-25.

Bronvermelding illustraties

NASA, Washington/Chr. Titulaer: pag. 538-539.
JPL, Pasadena/Chr. Titulaer: pag. 540-541.
Alain Compost, Bruce Coleman Ltd: pag. 542 boven en links.
Vulcain-Explorer/Vision International, Londen: pag. 542-543.
Seasat/Chr. Titulaer: pag. 544-545.
R. de Kock (foto), Utrecht: pag. 546-547 onder.
Gianni Tortoli, Photo Researchers Inc., New York: pag. 547.
Gianni Tortoli, ZEFA, Düsseldorf: pag. 550-551.
De overige opnamen zijn afkomstig van de auteur.



Het resultaat van een baarmoedercurettage: adenocarcinoomcellen van het endometrium.

AFWEER TEGEN KANKER

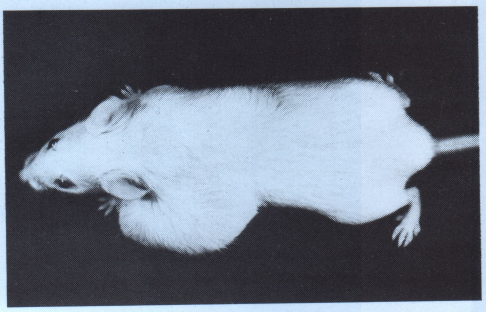
J.E. de Vries
Nederlands Kanker Instituut
Amsterdam

Falend immuunsysteem?

Een van de problemen bij kanker is waarom sommige mensen (of proefdieren) wel een tumor ontwikkelen en anderen weer niet. Een van de mogelijke antwoorden is dat er bij iedereen dagelijks tumorcellen ontstaan, maar dat die in het normale geval meteen door het afweersysteem opgeruimd worden. Dit betekent dat het immuunsysteem die kankercellen als 'vreemd' moet herkennen. Die theorie is echter niet houdbaar gebleken. Heel wat tumorcellen blijken geen afweer op te roepen.

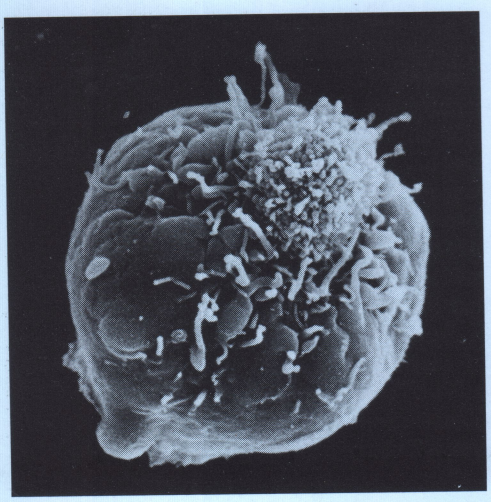
Immuunbewakingstheorie

De bijna 25 jaar geleden geformuleerde immuunbewakingstheorie wordt de laatste jaren nogal bekritiseerd. Kort samengevat wordt er in deze theorie gepostuleerd dat er bij gezonde individuen dagelijks door mutaties van normale lichaamscellen tumorcellen ontstaan, die echter in het normale geval door het immuunafweersysteem geëlimineerd worden. Dit betekent dat er bij deze theorie van uitgegaan wordt dat de ontstane tumorcellen, in tegenstelling tot de normale cellen als 'vreemd' herkend worden, waardoor ze dus in staat zijn een immuunreactie op te wekken die de gastheer beschermt omdat de tumorcellen vernietigd worden. De tumorcellen worden als 'vreemd' herkend, omdat er op de membraan van deze cellen structuren zitten die antigeen zijn en niet op normale cellen voorkomen. Dergelijke membraanantigenen worden *tumorgeassocieerde antigenen* (TAA) genoemd.



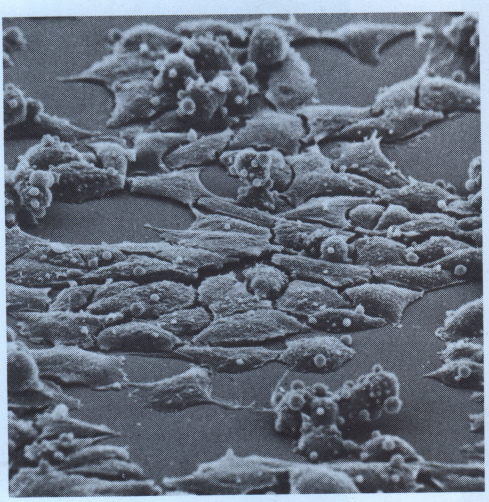
Boven: Bij sommige (ingeteelde) muizestammen komen vaak spontane kankergezwellen voor. De onderste vrouwelijke muis heeft overduidelijk een gezwel aan de borstklier. Dit was een spontaan optredende borstkanker. Vergelijk met de bovenste (gezonde) muis.

Rechtsboven: Een laboratoriummuis met een borsttumor. Dit gezwel werd veroorzaakt door een virus, het muizeborstkanker-virus.



Onder: Een lymfosarcoom bij de muis (vergr. 3200 x). Lymfosarcoom is een vorm van leukemie. De witte bloedcellen krijgen een duidelijk ander uitzicht dan normaal. De fijne, draderige uitstulpingen ziet men niet bij normale witte bloedcellen.

Rechtsonder: Gekweekte hepatoomcellen van een rat. Een hepatoom is een leverkanker. Ook hier zien de cellen er heel anders uit dan normaal.



Naar aanleiding van deze veronderstelling ligt het voor de hand dat er veel onderzoek op het gebied van de tumorimmunologie gericht is op het aantonen van TAA's, die in staat zijn een immuunafweerreactie bij de tumordrager op te wekken. In dit artikel wil ik aan de hand van een aantal voorbeelden laten zien dat de theorie in zijn oorspronkelijke formulering voor de meeste spontaan voorkomende tumoren niet houdbaar is en slechts opgaat voor tumoren die door kankerverwekkende virussen, ultraviolet licht en in sommige gevallen door carcinogene stoffen geïnduceerd worden.

De recente kritiek op de theorie is vooral gebaseerd op het feit dat een grote verscheidenheid van spontaan voorkomende tumoren bij muizen en ratten na transplantatie in syngene (genetisch identieke) dieren niet in staat was een immuunafweerreactie op te wekken. Hieruit werd geconcludeerd dat tumoren die spontaan bij deze dieren voorkomen niet immunogeen zijn. Dit in tegenstelling tot tumoren die met carcinogene stoffen of kankerverwekkende virussen geïnduceerd worden. Deze zijn in veel gevallen wel immunogeen en worden na transplantatie dus door het immuunafweermechanisme van het proefdier herkend en afgestoten.

Specifieke immunologische herkenning van tumorcellen

Uit het bovenstaande blijkt dus dat tumoren, willen zij een specifieke immuunafweerreactie opwekken, antigenen tot expressie moeten brengen die immunogeen zijn voor de gastheer. Dit blijkt algemeen het geval te zijn bij tumoren die door kankerverwekkende virussen geïnduceerd worden. Een goed onderzocht voorbeeld hiervan is het polyomavirus dat zowel laboratoriummuizen als muizen die in het wild leven kan infecteren. Ondanks het feit dat dit virus in principe zeer kankerverwekkend is, induceert het geen tumoren bij wilde muizen, omdat iedere cel die onder invloed van het virus in een tumorcel verandert, door het immuunafweermechanisme geëlimineerd wordt. Als men muizen met dergelijke tumorcellen inspoot, bleken de dieren nadien een getransplanteerde tumor af te stoten. Dit betekent dus dat cellen die door polyomavirus veranderd (getransformeerd) zijn in tumorcellen, inderdaad TAA's op hun oppervlak krijgen die een afweerreactie oproepen. Verder heeft men aangetoond dat de afstotingsreactie niets te maken had met het virus maar dat deze duidelijk gericht was tegen de door het virus

Links: Een menselijke tumor die 'succesvol' getransplanteerd is bij een zgn. athymische naakte muis. Deze speciale muizestam heeft een gestoorde immuunafweer. Dergelijke muizen missen T-lymfocyten en stoten daardoor de tumor niet af.

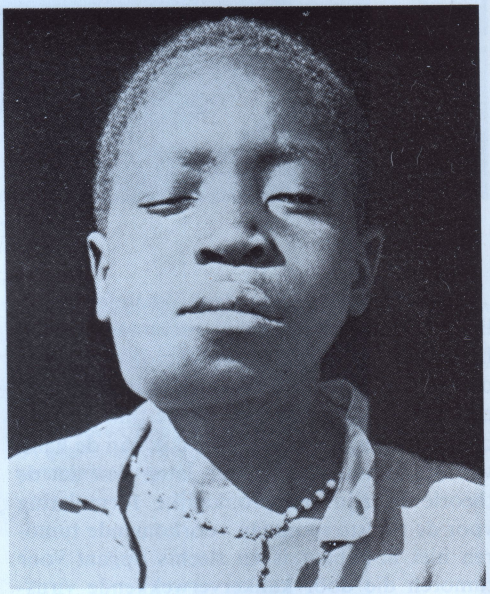
Onder: De Burkitt-tumor komt vooral voor bij Afrikaanse kinderen uit de tropische regenzones. Hij wordt veroorzaakt door het Epstein-Barr-virus. Ondanks reactie van het immuunsysteem zet de tumor toch door.

Geheel onder: Een elektronenmicroscopische opname van het Epstein-Barr-virus. Het wordt op grond van structuur en afmetingen bij de herpesvirussen ingedeeld.

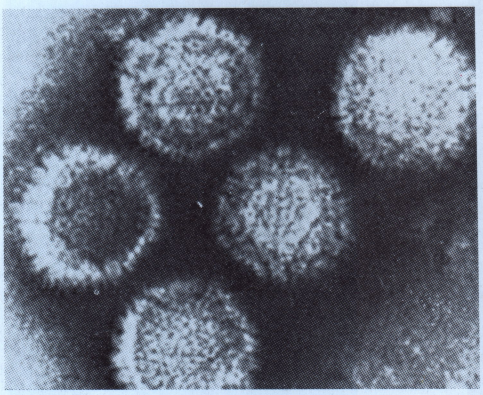
geïnduceerde TAA's. Tumoren ontstonden alleen maar als het immuunafweermechanisme van muizen die op natuurlijke of kunstmatige wijze met polyomavirus geïnfecteerd waren, kunstmatig onderdrukt werd.

Het feit dat polyomavirus bijna alle muizen infecteert en niet of nauwelijks aanleiding geeft tot het ontstaan van tumoren, geeft dus aan dat er een sterke immunologische barrière tegen tumorgroei bestaat. Deze immuunafweer wordt waarschijnlijk gereguleerd via erfelijk bepaalde mechanismen die gedurende de evolutie verworven zijn en die een snelle herkenning van door polyomavirus geïnduceerde TAA's mogelijk maken.

Vergelijkbare immuunbewakingsmechanismen zijn aangetoond voor verschillende andere kankerverwekkende virussen die tumoren kunnen induceren bij muizen, ratten, kippen, katten, koeien, apen en de mens.

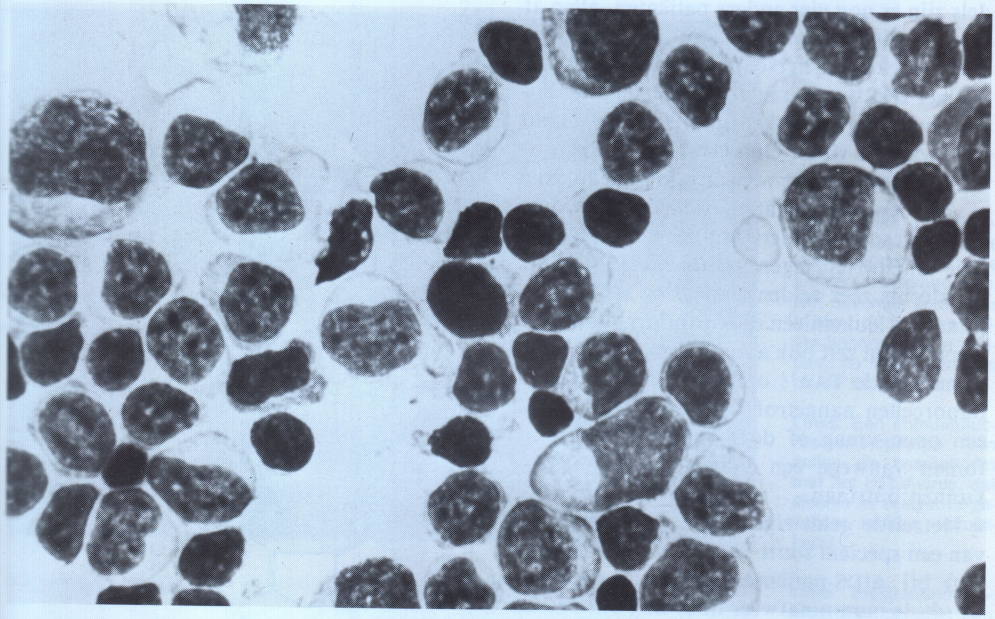


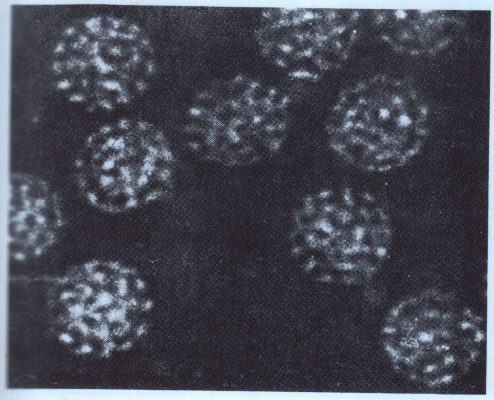
Bij de mens kan het Epstein-Barr-virus (EBV) als een potentieel kankerverwekkend virus beschouwd worden omdat het in bepaalde gevallen *mononucleosis* (ziekte van Pfeiffer) kan veroorzaken, die in principe een kwaadaardige ziekte is. Bovendien is het EBV in staat om bij apen die nooit eerder met dit virus in contact geweest zijn, en bij patiënten met bepaalde aangeboren afwijkingen van het immuunafweermechanisme, *lymfomen* (klierkanker) te veroorzaken. In het algemeen veroorzaakt EBV, dat bij de mens alom aanwezig is, slechts milde, onopgemerkte infecties. De door deze infecties opgewekte immuunafweer biedt ons echter een levenslange bescherming tegen dit virus. Onze relatie met het EBV is dus waarschijnlijk vergelijkbaar met die van het



polyomavirus bij wilde muizen, hetgeen dus impliceert dat ook wij gedurende de evolutie geselecteerd zijn om via ons immuunafweermechanisme af te kunnen rekenen met de door EBV-getransformeerde, potentieel kwaadaardige cellen.

Mononucleosis kan alleen maar ontstaan doordat de immuunafweer tijdelijk onvoldoende functioneert. Toch is het in de meeste gevallen een zich zelf limiterende ziekte. Men heeft aan kunnen tonen dat de ongeremd groeiende, door EBV-getransformeerde bloedcellen van de patiënt op een gegeven moment toch weer door zijn eigen immuunafweer geëlimineerd worden. Verder heeft men aangetoond dat het Epstein-Barr-virus met twee soorten kanker bij de mens geassocieerd is: nl. met een speciaal soort klierkanker (*Burkitt-lymfoom*) dat voornamelijk in Afrika voorkomt, en met een tumor in het neus/keelgebied (*nasopharynx-carcinoom*). Ondanks het feit dat er ook bij deze patiënten afweer tegen de tumor aantoonbaar is, weten de tumorcellen hieraan te ontsnappen.





Boven: Microscopische opname van cellen uit de halslymfklier van een patiënt met mononucleosis infectiosa, ook gekend als de ziekte van Pfeiffer. De lymfcellen verschillen duidelijk in grootte. De cellen werden beter zichtbaar gemaakt met Giemsa-kleuring. Mononucleosis wordt eveneens door het Epstein-Barr-virus veroorzaakt.

Links: Het polyomavirus komt bij bijna alle muizen voor. Het geeft echter, net als het Epstein-Barr-virus bij de mens, bijna nooit aanleiding tot tumoren. Muizen zijn in de loop van de evolutie waarschijnlijk al zo lang in aanraking met het virus, dat de immune stammen geselecteerd zijn.

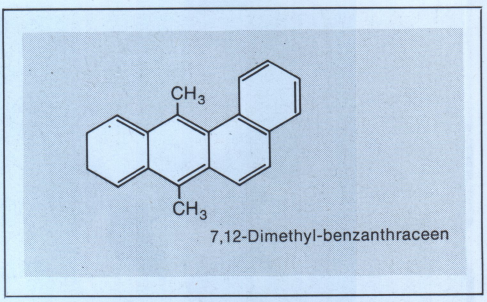
Een ander pas in 1980 aangetoond virus dat geassocieerd is met menselijke tumoren, is het humane T-cel leukemie/lymfoma virus (HTLV). Dit HTLV wordt mede verantwoordelijk geacht voor het ontstaan van bepaalde leukemieën (bloedkanker) en lymfomen (klierkanker). Deze zeldzame leukemieën/lymfomen komen voornamelijk in het Caribische gebied en zuidwest Japan voor, maar zijn zeer recent bijv. ook bij de zwarte populatie in het zuiden van de USA en in Afrika aangetoond. Het eerste geval van met HTLV-geassocieerde leukemie in Nederland is in 1981 op onze afdeling aangetoond door Dr. Vyth-Dreese. Inmiddels zijn er nog vier andere patiënten, allen afkomstig uit Suriname of de Antillen, met deze vorm van kanker in Nederland bekend. Alhoewel het HTLV volop in de belangstelling staat, weet men nog betrekkelijk weinig over de biologie van dit virus. Ondanks het feit dat zeer veel mensen met het virus in aanraking komen – op bepaalde plaatsen in zuidwest Japan bleek dat soms wel dertig procent van de populatie antistoffen tegen het virus had – geeft het slechts zeer zelden aanleiding tot het ontstaan van leukemieën of lymfomen. Omdat bij de patiënten zelf ook antistoffen tegen de virus geïnduceerde TAA's op de membraan van de tumorcellen aangetroffen werden, is het nog een open vraag of deze leukemieën en lymfomen vanwege een falende immuunafweer kunnen ontstaan.

Hetzelfde geldt eigenlijk voor het ontstaan van een speciaal soort kanker (*Kaposi's sarcoma*) bij AIDS-patiënten. Bij deze patiënten wordt de immuunafweer door nog onopgehelderde oorzaken helemaal uitgeschakeld en de meeste patiënten overlijden dan ook aan infecties of aan het Kaposi's sarcoma. Dat Kaposi's sarcomen ontstaan doordat de immuunafweer niet meer functioneert is een vaststaand feit, maar hoe deze tumor ontstaat is tot nu toe nog onbekend; er zijn echter de laatste tijd steeds meer aanwijzingen gevonden dat er een virus bij betrokken is.

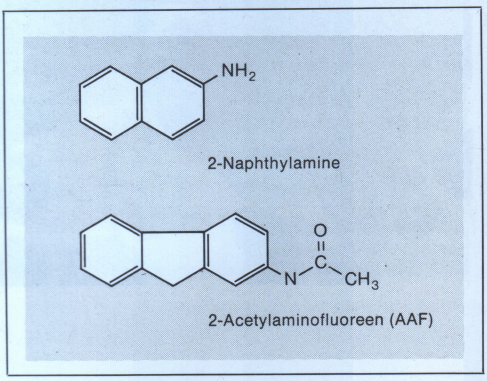
Uit de eerder genoemde voorbeelden (en ook andere) kan in het algemeen geconcludeerd worden dat de immuunbewakingstheorie opgaat voor virus-geïnduceerde tumoren en dat de immuunafweer in de meeste gevallen dus gericht is tegen virus-geïnduceerde TAA's op de membraan van de tumorcellen en niet tegen het virus zelf.

Chemisch geïnduceerde tumoren

Met carcinogene stoffen geïnduceerde tumoren kunnen immunogeen zijn. Dit is vooral het geval als de tumoren opgewekt worden met hydrocarbonen of azo-kleurstoffen. Daarnaast zijn er echter ook veel met carcinogene opgewekte tumoren die niet immunogeen zijn. Verder blijkt de immunogeniciteit van de tumor dikwijls af te hangen van de hoeveelheid carcinogene stof die gebruikt wordt. Met hoge doseringen opgewekte tumoren zijn meestal

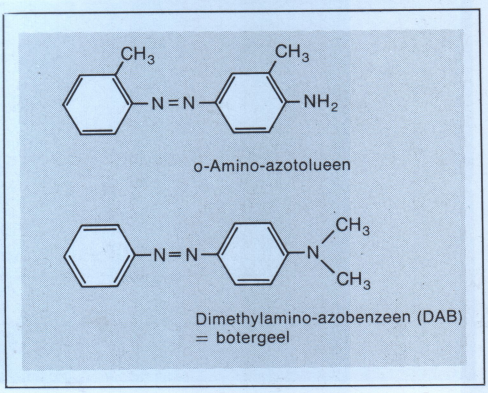


7,12-Dimethyl-benzanthraceen



2-Naphthylamine

2-Acetylaminofluoreen (AAF)



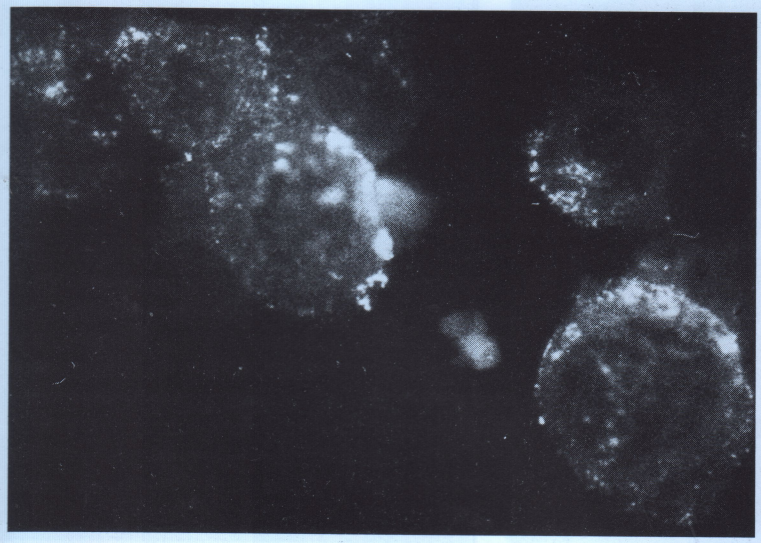
o-Amino-azotolueen

Dimethylamino-azobenzeen (DAB)
= botergeel

immunogeen en komen ook snel op, terwijl tumoren die met behulp van lage doseringen opgewekt zijn, zwak of niet-immunogeen zijn. De TAA's van de immunogene tumoren vertonen een zeer hoge graad van polymorfisme, hetgeen wil zeggen dat op de individuele tumoren TAA's tot expressie komen die uniek voor de betreffende tumor zijn (zelfs al worden deze tumoren door dezelfde carcinogene stof in syngene muizen geïnduceerd). Dit in tegenstelling tot de virus-geïnduceerde TAA's die voor hetzelfde virus identiek zijn.

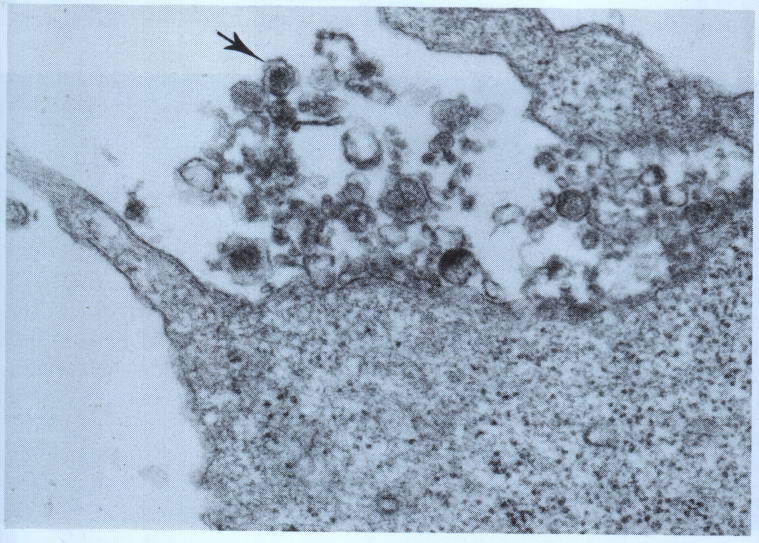
Ultraviolet geïnduceerde tumoren

Een derde categorie tumoren die sterk immunogeen zijn en dus een afstotingsreactie veroorzaken in de gastheer, zijn de tumoren die door ultra-violet licht geïnduceerd kunnen worden. Bij muizen die chronisch aan UV-bestraling blootgesteld zijn, komen huidtumoren (vnl. *plaveiselcelcarcinomen* en *fibrosarcomen*) tot ontwikkeling. Deze tumoren blijken na transplantatie in genetisch identieke muizen in de meeste gevallen sterk immunogeen te zijn



Geheel links: Enkele polycyclische aromatische koolwaterstoffen, die kankerverwekkend zijn. Het bovenste komt voor in teer, de twee middelste behoren tot de amines, de twee onderste tot de azo-kleurstoffen.

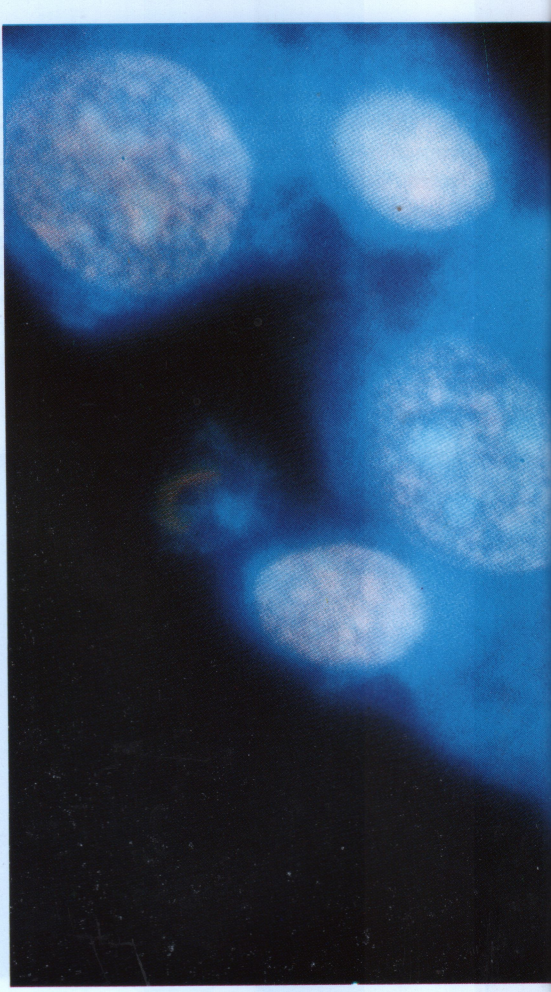
Links: Een immuunfluorescentie-opname van cellen die besmet zijn met het HTLV-virus, dat slechts in zeldzame gevallen kanker veroorzaakt.



Links: Elektronenmicroscopische opname van het HTLV-virus (bij de pijl).

Rechts: Kankercellen hebben meestal een duidelijk afwijkende structuur. De kern is groter en meer korrelig dan normaal, terwijl de typische kankercel ook minder cytoplasma heeft dan normaal. Op de foto ziet men cellen uit een borsttumor.

Onder: Pinda met de schimmel *Aspergillus flavus*, die het voor ons uiterst giftige aflatoxine produceert. Bij ratten verwekt deze stof leverkanker.

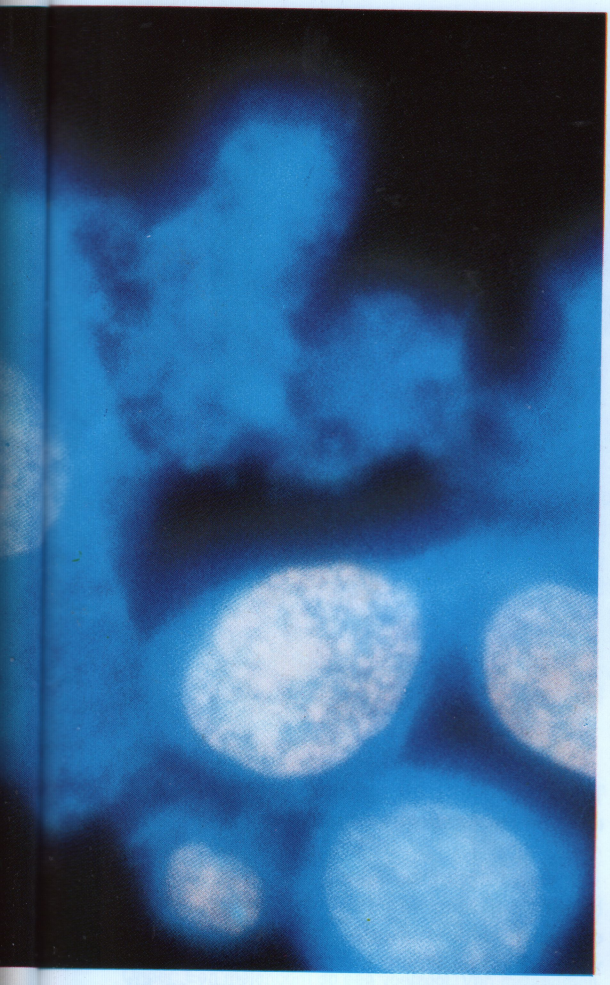


en afgestoten te worden. Zij groeien echter progressief in muizen die met immuunsuppressieve (= immuunonderdrukkende) middelen behandeld worden, hetgeen dus duidelijk aantoont dat immuunbewaking ook bij deze tumoren een rol speelt.

Wanneer deze immunogene tumoren getransplanteerd worden in syngene muizen, die van tevoren met UV-licht bestraald zijn, kunnen deze tumoren echter wel aanslaan en uitgroeien. Men heeft aangetoond dat deze tumorgroei mogelijk was omdat er onder invloed van de UV-bestraling *suppressorlymfocyten* gegenereerd werden die in staat waren om de immuunafweer tegen deze tumoren op zeer specifieke wijze te onderdrukken.

Spontane tumoren

Zoals al eerder genoemd, zijn tumoren die bij muizen en ratten spontaan voorkomen in het algemeen niet immunogeen. Het was niet mogelijk om syngene muizen met deze tumoren te immuniseren, d.w.z. dat de tumorcellen geen TAA's bezaten die in staat waren om een immuunafweerreactie op te wekken. Bovendien had langdurige behandeling van deze muizen of ratten met immuunsuppressieve middelen geen effect op de tumorincidentie (aantal gevallen van tumor in een gemeenschap per periode). Deze gegevens kunnen dus als sterke argumenten tegen de immuunbewakingstheorie gebruikt worden.

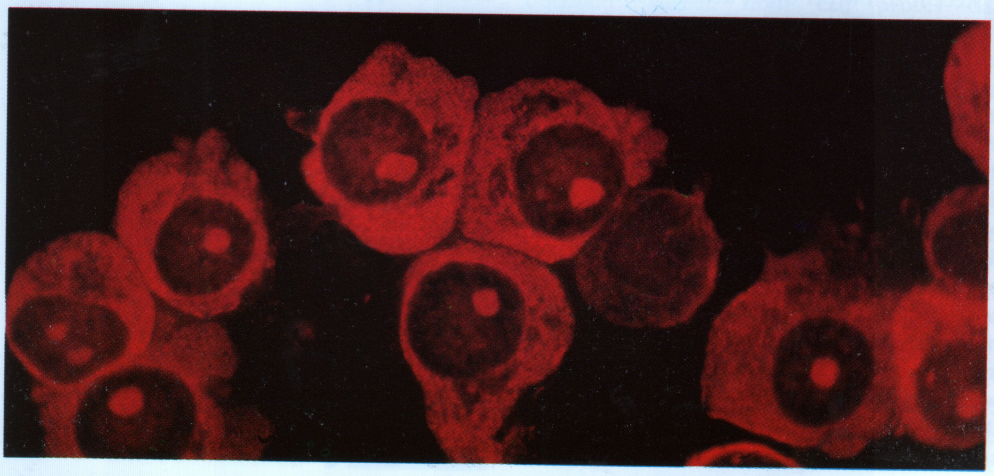


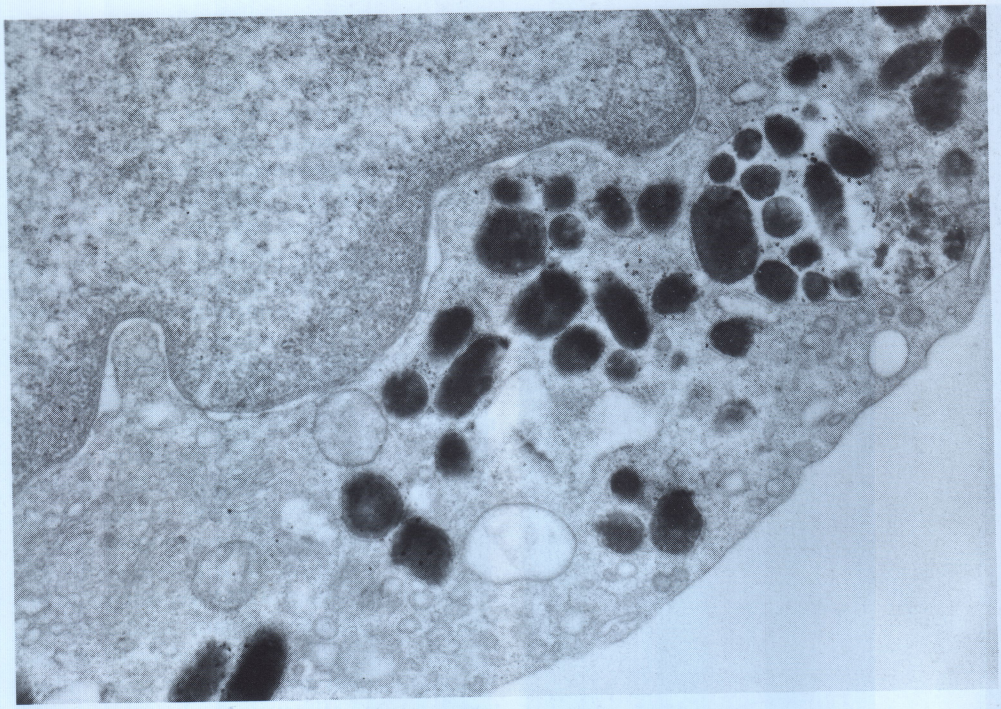
Menselijke tumoren

Menselijke tumoren ontstaan spontaan en daarom lag het voor de hand te veronderstellen dat deze tumoren, evenals spontane tumoren bij proefdieren, waarschijnlijk niet immunogeen zouden zijn. Inderdaad hebben verreweg de meeste van de zeer vele onderzoekingen die uitgevoerd zijn ter identificatie van TAA op menselijke tumoren slechts negatieve resultaten opgeleverd. Hierbij moet men zich echter realiseren dat het aantonen van, soms zeer zwakke, specifieke immuunreacties ten opzichte van menselijke tumorcellen nog veel moeilijker is dan bij de muis waar o.a. gebruik gemaakt kan worden van immunisaties met tumorcellen in syngene muizen. Op het ogenblik moet men echter concluderen dat de meeste menselijke tumoren niet immunogeen zijn.

Uitzonderingen hierbij zijn de al eerder genoemde met EBV- en HTLV-geassocieerde tumoren, maar ook *melanomen* (huidtumoren), bepaalde hersentumoren en niercarcinomen. Met behulp van zeer gevoelige testen uitgevoerd met sera afkomstig van bovengenoemde tumorpatiënten, hebben Old en zijn medewerkers in de USA aangetoond dat er wel degelijk

Onder: Cellen van een patiënt met de ziekte van Kahler, waarbij uit de stamcellen in het beenmerg geen normale lymfocyten meer ontstaan. Hier is het immuunsysteem dus zelf door kanker aangetast.



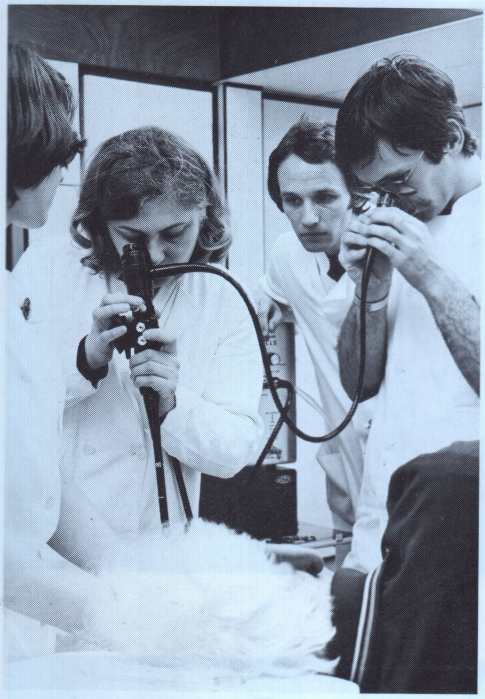


specifieke TAA's op de tumorcellen van deze patiënten voorkwamen. Echter ondanks het feit dat bepaalde TAA's op meer dan vijftig procent van de melanomen voorkomen kan men slechts bij zes procent van deze patiënten antistoffen tegen deze TAA's aantonen. Dit illustreert dus dat dergelijke TAA's òf zwak immunogeen zijn, òf dat er suppressormechanismen bij deze patiënten aanwezig zijn.

Recent zijn wij er op de afdeling Immunologie van het Nederlands Kanker Instituut in geslaagd om uit het bloed van melanoom- en lymfoompatiënten gekloneerde T-lymfocyten te isoleren, die in staat waren om de tumorcellen van deze patiënten *in vitro* effectief te doden, terwijl de normale cellen afkomstig van dezelfde patiënten onaangetast bleven. Hoewel ook deze waarnemingen er dus op wijzen dat sommige menselijke tumoren onder bepaalde condities immunogeen kunnen zijn en soms in staat zijn om een immuunreactie bij de patiënt op te wekken, moeten de daarvoor verantwoordelijke TAA's nog gekarakteriseerd worden. Uit het bovenstaande blijkt echter dat de aanwezigheid van TAA's op bepaalde menselijke tumoren mogelijk blijft.

Tumorincidentie bij patiënten met immuundeficiënties en niertransplantaten

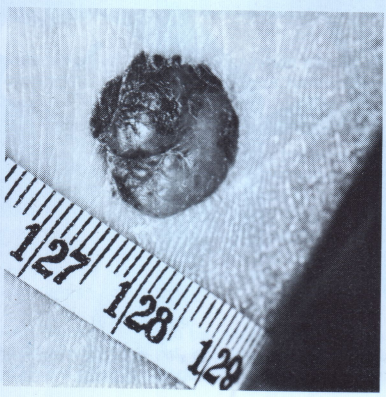
Indien immuunbewaking een rol zou spelen bij het ontstaan van tumoren, dan zou men een verhoogde tumorincidentie moeten verwachten bij patiënten met immuundeficiënties (afwijkingen aan het immuunsysteem) en bij niertransplantatiepatiënten die langdurig met immuunsuppressieve medicijnen behandeld zijn. Het bleek echter dat bij deze patiënten de meeste vormen van kanker niet in een hogere frequentie dan normaal voorkomen, hetgeen dus tegen de immuunbewakingstheorie pleit. Uitzonderingen waren lymfomen en huid- en lipcarcinomen, die wel veel vaker dan normaal voorkwamen. Men heeft echter sterke aanwijzingen dat zonlicht (UV-bestraling) een belangrijke rol speelt bij het onstaan van de laatste twee carcinomen. Parallel aan wat er bekend is over UV-geïnduceerde tumoren bij muizen (zie hiervoor) zou dit erop kunnen duiden dat deze tumoren ook bij de mens mogelijk toch immunogeen zijn en dat de verhoogde incidentie van deze tumoren wel degelijk het gevolg is van verminderde immuunbewaking.



Linksboven: Een melanoom, een gepigmenteerde kwaadaardige tumor van de huid. Let op de zwarte pigmentvlekken (Grieks melanos = zwart).

Boven: De glasvezeltechnologie heeft ervoor gezorgd dat chirurgen nu ook in het lichaam naar sporen van kanker kunnen zoeken, zonder te moeten opereren. Hier een gastroscopie, een maagonderzoek.

Onder: Een melanoom op een voetzool. Van melanomen is bekend dat ze heel snel metastaseren of uitzaaien.



Ontsnapping van tumoren aan de afweer

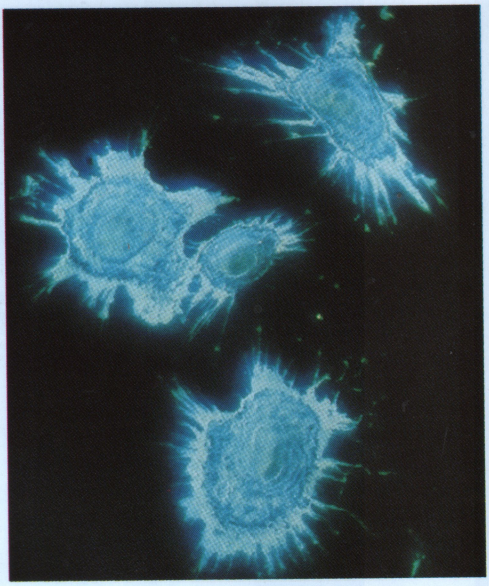
Veel immunogene tumoren kunnen ondanks dat zij in staat zijn een immuunafweerreactie op te wekken, toch progressief doorgroeien, hetgeen uiteindelijk in de dood van de tumordrager resulteert. Afgezien van een verlaagde of gestoorde immuunafweer zijn er verschillende manieren waarop een tumor aan de controle van de gastheer kan ontsnappen. Het is mogelijk dat de immuunafweer de zeer snelle groei en *metastasering* (verspreiding naar andere delen van het lichaam) van bepaalde immunogene tumoren toch niet 'bij kan benen' waardoor de tumor de afweer doorbreekt en ontsnapt. Dit is zeker niet altijd het geval. Bij sommige immunogene tumoren ziet men nl. dat er na een eerste periode van tumorgroei onder invloed van de immuunafweer een stagnatie in de groei of zelfs een gedeeltelijke *regressie* (afname) van de tumor optreedt. Echter, op een gegeven moment verliest de immuunafweer de slag waarna er hernieuwde groei van de tumor plaats vindt. Men heeft aangetoond dat de immuunafweer het tegen de tumor af moet leggen, omdat er zoals dat ook bijv. bij de eerder genoemde UV-geïnduceerde tumoren het geval is, suppressorlymfocyten gegenereerd worden die de specifieke immuunafweer onderdrukken.

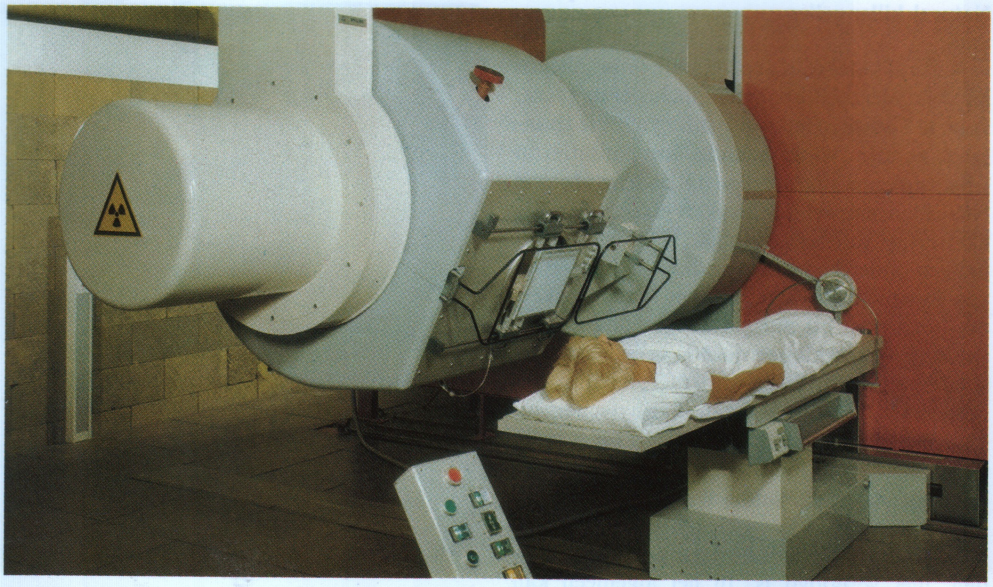
Tumorgroei kan ook veroorzaakt worden doordat er onder invloed van de druk van de immuunafweer tumorcelvarianten verschijnen die geen TAA's hebben en die daardoor ongevoelig zijn geworden voor de immuunafweer. Het verlies van TAA's kan onder andere veroorzaakt worden door een proces dat *immuunmodulatie* genoemd wordt. Zeer veel celmembraan-antigenen (ook niet-TAA's hebben de eigenschap dat ze na binding met de specifieke antistof gemoduleerd kunnen worden, hetgeen wil zeggen dat ze als een antigeen/antistofcomplex los raken van de cel. Op deze manier verliest de tumor zijn TAA's en kan dus niet meer door het afweermechanisme herkend worden. Er zijn talloze waarnemingen dat modulatie van tumorantigenen al in een zeer vroeg stadium van de immuunafweerreactie plaats vindt en dat dit een belangrijk mechanisme is waardoor een in principe immunogene tumor aan de afweer kan ontsnappen. Tenslotte is gebleken dat tumoren bepaalde factoren uit kunnen scheiden die de cellen die

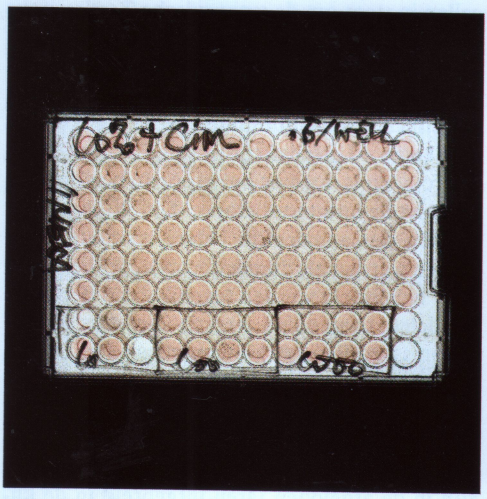
bij de immuunafweerreactie betrokken zijn ter plekke uit kunnen schakelen.

Men dient zich echter te realiseren dat verreweg de meeste spontane tumoren effectief, en op voor ons nog onbekende wijze, aan de controle van de gastheer ontsnappen. Het is echter niet ondenkbaar dat deze tumoren die als gevolg van een in meerdere stappen verlopend transformatieproces kunnen ontstaan, reeds geselecteerd zijn voor 'niet-herkenning'.

Hoewel de immuunbewakingstheorie in de zin van bescherming tegen het ontstaan van kanker voor de meeste tumoren niet opgaat, zijn er wel aanwijzingen dat immunologische mechanismen een bescheiden rol kunnen spelen in de tumor/gastheerrelatie en dat daardoor tumorgroei en metastasering soms beperkt kunnen worden. De belangrijkste hierbij betrokken cellen zijn *natural killer* (NK)-cellen, macrofagen en zgn. T-lymfocyten.







Linksboven: Macrofagen, 'vreetcellen', ruimen allerlei afval in het lichaam op. Soms pakken ze ook tumorcellen aan.

Geheel boven: Of kanker nu al dan niet door het immuunsysteem voorkomen had kunnen worden heeft alleen nog academisch belang als de tumor er eenmaal is. Dan zal men moeten ingrijpen met bijv. bestraling. Toch is het uiterst belangrijk om het verband tussen kanker en het immuunsysteem te kennen, om te kijken of men de afweer kan helpen bij het alsnog opruimen van de tumor en om diagnosesystemen te ontwikkelen.

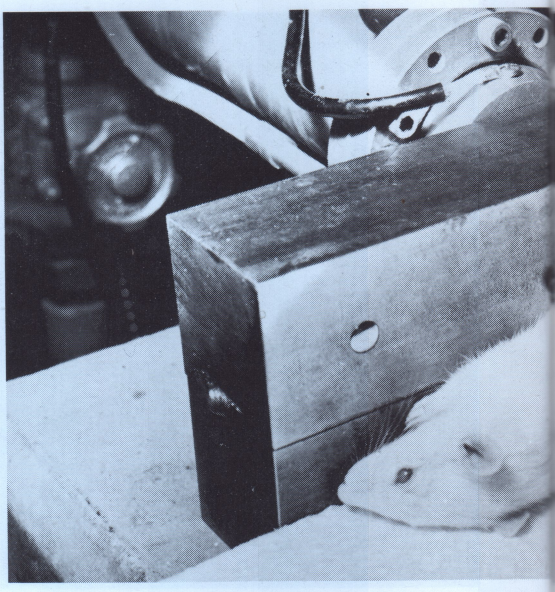
Links en boven: Immunologische bepalingen vragen, ondanks het routinematige uitzicht, nog steeds veel handwerk van personeel met een hoge opleidingsgraad.

Macrofagen

Macrofagen zijn cellen die zowel in het bloed als in weefsels voorkomen en kunnen het best gekarakteriseerd worden als 'vreetcellen'. Zij kunnen indien zij 'geactiveerd' zijn bepaalde tumorcellen doden. Macrofaagactivatie vindt onder andere plaats d.m.v. bacteriële produkten, gamma-interferon en synthetische stoffen, zoals muramyldipeptide (MDP). MDP kan, vooral wanneer het verpakt is in kunstmatige membraanblaasjes (*liposomen*), op uiterst effectieve wijze macrofagen activeren. Als men dergelijke met MDP geladen blaasjes inspuit, worden deze voor negentig procent door macrofagen opgevreten. Vier tot acht uur later worden deze macrofagen door het MDP dat uit de afgebroken liposomen vrijkomt, geactiveerd. Gedurende deze periode blijken deze macrofagen tumormetastasen te kunnen bereiken, waar ze hun anti-tumoractiviteit uitoefenen. In muize-experimenten werden op deze wijze vooral longmetastasen opgeruimd. Echter het aantal van deze macrofagen dat de longmetastasen bereikte was te gering om metastasen van meer dan 10^7 cellen op te ruimen. Het lijkt echter niet onmogelijk dat een dergelijke behandeling in combinatie met reeds bestaande therapieën in de toekomst klinisch bruikbaar zal zijn.

Natural killer-cellen

Natural killer (NK)-cellen blijken bij alle tot nu toe onderzochte soorten, inclusief de mens, voor te komen. Het zijn lymfocyten die spontaan zonder voorafgaande immunisatie in staat zijn om tumorcellen te doden. Hoewel NK-cellen nauwelijks of geen effect op reeds aanwezige tumoren hebben, blijken zij bij muizen onder bepaalde condities het optreden van longmetastasen te kunnen remmen. Verder heeft men bij muizen aangetoond dat inspuiting van gekloneerde NK-cellen het ontstaan van leukemieën die met behulp van bestraling opgewekt worden, kan voorkomen. Ook heeft men in enkele gevallen bij muizen versnelde tumorgroei waargenomen, nadat de NK-cellen uitgeschakeld waren. Aan de andere kant is recent echter gebleken dat de tumorincidentie bij muizen die geen NK-cellen hadden, niet verhoogd is. In het algemeen kan men dus zeggen dat de functie van NK-cellen in de tumor/gastheerrelatie gering is.



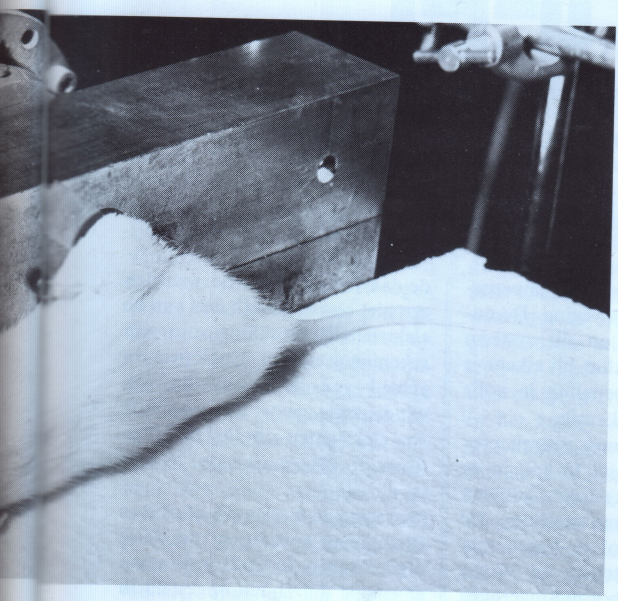
T-lymfocyten

Immunogene, door virussen, UV-licht of door carcinogene stoffen geïnduceerde tumoren kunnen naast specifieke antistoffen ook afweerreacties opwekken die door een bepaalde categorie van lymfocyten, nl. de cytotoxische T-lymfocyten tot stand komt. Deze T-lymfocyten zijn specifiek cytotoxisch, hetgeen wil zeggen dat ze specifiek een bepaalde soort tumorcellen kunnen vernietigen. Recent is men er bij muizen in geslaagd om reeds aanwezige tumoren door middel van toediening van specifiek cytotoxische T-cel-klonen te elimineren. Daarnaast blijkt ook een andere categorie van T-lymfocyten, nl. de T-helperlymfocyten, anti-tumoreffecten te hebben. Inspuiting van dergelijke T-helperlymfocyten resulteerde bij muizen na enige tijd in regressie van reeds bestaande tumoren. Tumorregressie vond echter alleen maar plaats als eerst een derde categorie van T-lymfocyten, de zgn. T-suppressorlymfocyten, verwijderd werden. De T-suppressorlymfocyten bleken nl. de anti-tumorreactiviteit van de cytotoxische T-lymfocyten specifiek te onderdrukken.

T-suppressorlymfocyten zijn ook aangetoond bij proefdieren met UV-geïnduceerde tumoren. Ook hier waren deze T-suppressorcellen in staat om de cytotoxische T-celrespons ten opzichte van deze tumoren specifiek te onderdrukken. Hieruit blijkt dat er bij tumordragers T-suppressorcellen aanwezig zijn die effectieve tumorimmuniteit volledig kunnen blokkeren. Uitschakeling van T-suppressorlymfocyten is dus van het grootste belang voor succesvolle immuuntherapie. Dit blijkt ook uit het feit dat aanzienlijk betere resultaten verkregen werden als dieren die immuuntherapeutisch behandeld werden tegelijkertijd bepaalde middelen toegediend kregen die selectief T-suppressorcellen uit kunnen schakelen.

Immuunstimulerende middelen in de kliniek

Verscheidene immuunstimulerende stoffen zijn in de afgelopen jaren uitgebreid in de kliniek op hun eventuele anti-tumoreffecten getest. De reden voor het toedienen van deze middelen was, dat zij de immuunafweer (via NK-cellen, macrofagen en T-cellen) tegen tumoren zouden kunnen activeren. Bacteriën en bacteriële produkten zijn uitgebreid bij de mens onderzocht. De resultaten van middelen als *Bacillus Calmette-Guerin* (BCG), *Corynebacterium parvum* en *Nocardia rubra* zijn uiterst teleurstellend. Vooral na systemische toediening (in tegenstelling tot *lokale* toediening wordt hier het hele lichaam bereikt bijv.



Bestraling van een sarcoom bij een rat met snelle neutronen.

Bronvermelding illustraties
Antoni van Leeuwenhoekhuis, Amsterdam: pag. 556 boven en onder, 557, 558 boven, 559 boven, 561 onder, 564, 565 boven, 566 onder.
Tropical Products Institute, Londen: pag. 562 links.
Sylvius Laboratoria, Leiden: pag. 562-563, 566 boven, 554-555.
Wilhelms Universiteit, Münster, West-Duitsland: pag. 565 onder.
Radiobiologisch Instituut TNO, Rijswijk: pag. 568-569.

via een inspuiting, infuus of tabletten) is er geen enkel anti-tumoreffect of een definitieve verbetering van de prognose bereikt. Een uitzondering hierop vormt misschien het oppervlakkig blaascarcinoom, waar verschillende onderzoekers aangetoond hebben, dat lokaal in de blaas toegediend BCG de prognose kan verbeteren.

Immuuntherapie met monoklonale antistoffen

De produktie van monoklonale antistoffen tegen eventuele TAA's op menselijke tumoren heeft een grote vlucht genomen. Hoewel er nog geen monoklonale antistoffen verkregen zijn die uitsluitend met tumorcellen reageren, is er toch een aantal, dat een preferentiële reactie met bepaalde tumorcellen te zien geeft, terwijl ze slechts met een beperkt aantal normale cellen reageren. Inspuiting van monoklonale antistoffen tegen antigenen die preferentieel op menselijke tumoren voorkomen, hebben bij leukemie- en lymfoompatiënten slechts incidenteel tijdelijke tumorregressies te zien gegeven. Dus kennelijk is toediening van een monoklonale antistof alléén onvoldoende om tumorregressie te bewerkstelligen. Omdat monoklonale antistoffen de tumor in de patiënt vrij snel kunnen bereiken, zullen antitumoreffecten aanzienlijk versterkt kunnen worden indien er toxische of radioactieve stoffen aan dergelijke monoklonale antistoffen gekoppeld zouden worden. Met aan monoklonale antistoffen gekoppelde chemotherapeutische geneesmiddelen heeft men bij proefdieren al tumorregressies weten te verkrijgen.

Succesvolle immuuntherapie met monoklonale antistoffen heeft bij de mens tot nu toe maar één geval van genezing opgeleverd. Dit betreft een geval van een lymfoompatiënt die enige malen ingespoten werd met een monoklonale antistof gericht tegen een unieke determinant (*idiotype*) van het immuunglobuline dat deze tumorcellen op hun membraan hebben. Dergelijke determinanten komen op geen enkele andere cel van deze patiënten voor en kunnen dus absoluut als tumorspecifiek beschouwd worden. Na behandeling waren bij deze patiënt alle tumorcellen verdwenen en de patiënt is nu al ruim twee jaar geheel tumorvrij. Op onze afdeling Immunologie zijn Hekman en Rankin er in geslaagd om op zeer elegante en efficiënte wijze monoklonale antistoffen tegen idiotypen van lymfoomcellen te maken. Op het ogenblik worden twee patiënten met dergelijke monoklonale antistoffen behandeld. Hoewel het nog te vroeg is om uitspraken over het uiteindelijke effect te doen, worden er op het ogenblik objectieve regressies van de tumormassa's waargenomen.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving

natuur en techniek

Onderwater-grondwerk

Frankrijk en Engeland koppelen momenteel hun nationale elektriciteitsnetten aan elkaar. Dat heeft echter een hoop problemen opgeleverd. Elkaar via de zeebodem bereiken schijnt voor beide landen niet te mogen, getuige ook de lange lijdensweg van de 'Chunnel', de Kanaaltunnel. Nu was het probleem het graven van sleuven in de zeebodem, waar de kabels in moesten komen.

Er bestaat al een kleine kabel van 160 MW, maar die ligt gewoon over de bodem. Daardoor is hij meer dan de helft van de tijd buiten dienst door beschadiging door netten en ankers. De nieuwe verbinding telt vier paar kabels, voor een totaal van 2000 MW. De hoge aanlegkosten zijn verantwoord, omdat het verbruiksprofiel in beide landen aanzienlijk verschilt (Engeland heeft 1 piek, Frankrijk 2). Pieken in het ene land kunnen dan opgevangen worden door overtollige elektriciteit uit het andere.

Voor het technologische hoogstandje om vier sleuven (60 cm breed, 1,5 m diep) in de harde rotsbodem onder water aan te brengen werd een speciale onderwaterrobot ontwikkeld. Het apparaat van 176 ton kan tot zeven meter per minuut graven en hellingen van 20° nemen. Het moeilijkste was de navigatie. Het moederschip oriënteert zich op zes speciaal gebouwde radiobakens aan weerszijden van het kanaal, met een precisie van 6 m. Onderaan het moederschip zitten vier sonarbakens, waarop de robot zich richt. Computers compenseren voor de zeebeweging. De onnauwkeurigheid op dit systeem bedraagt 1 m. Alles bij elkaar is dit voor plaatsbepaling in volle zee aardig nauwkeurig.

Toch waren er nog genoeg problemen. De laatste 10 km, in de buurt van Folkestone, gooiden het hele tijdschema overhoop. De bodem bleek vol te liggen met reusachtige rolstenen, tot 50 ton toe, waar de robot niet overheen kon. Ze moesten stuk voor stuk met kranen verplaatst of door duikers opgeblazen worden. Door de sterke getijstromen konden de duikers slechts 3 uur per dag werken.

Boven water is het Kanaal bovendien ook niet meteen de ideale werkomgeving. Het is het drukste zeevaartgebied ter wereld en het weer is er ook niet mis. De ploeg kreeg o.a. een storm van 130 $km \cdot h^{-1}$ (zoveel als die van 1 febr. 1953) te verduren. Op een ander ogenblik moesten ze de reddingsboten in toen een tanker van 120000 ton hun scheepje slechts op 80 m miste. Iets om even aan te denken als we vanavond op het lichtknopje drukken.

(New Scientist)

Wind wint

Na een relatief korte ontwikkelingsperiode worden de 'moderne' windturbines reeds in groten getale geproduceerd en geïnstalleerd. Windenergie is hiermee op weg om in een aantal landen met de daartoe gunstige voorwaarden een niet onaanzienlijk deel van de elektriciteitsopwekking voor zijn rekening te nemen. Koplopers op gebied van de toepassing van windenergie voor de produktie van elektriciteit zijn de USA (Californië), Denemarken en Nederland.

Verreweg de meeste windturbines staan tegenwoordig in de Verenigde Staten. In Californië staan er enkele duizenden opgesteld in zogenaamde windparken (windfarms). Voorlopig ziet het ernaar uit dat, dank zij zeer gunstige fiscale voorwaarden voor degenen die in windmolens investeren, de bouw van deze 'windfarms' aan een voortvarend tempo zal blijven doorgaan in de komende jaren. Eind oktober 1983 bedroeg het opgestelde windvermogen er ca. 70 MW. Met behulp van deze windturbines wordt in feite energie geput uit een reusachtige natuurlijke warmtemachine die in gang wordt gehouden door de boven de woestijn zengende zonnestraling. Deze veroorzaakt sterke convectiebewegingen in de lucht, waardoor overdag een bijna constante wind (snelheid en richting) waait in de bergpassen aan de westkust. Opvallend is dat op grote schaal gebruik wordt gemaakt van relatief kleine eenheden (grootte-orde beneden de 100 kW), die a.h.w. elektrisch aan elkaar worden geknoopt via de koppeling aan het openbare elektriciteitsnet. Grote 'megawattmolens' worden dus nog bijna niet aangewend; commercieel verkrijgbare types zijn er immers nagenoeg niet.

In Denemarken draaien nu naar schatting 1000 middelgrote windturbines (van 5 kW tot ca.

100 kW), die in tegenstelling tot Californië decentraal staan opgesteld, dit wil zeggen nabij de particuliere gebruikers. Toch zullen ook in dit land in de loop van 1984 verschillende middelgrote windparken worden gebouwd met een gezamenlijk vermogen van ca. 4 MW. Hiervoor geeft de Deense overheid ondersteuning via een extra subsidie aan de initiatiefnemers van deze parken. In verschillende gevallen wordt dit initiatief genomen door een collectief van particuliere gebruikers. Het eerste windpark in de reeks werd op 17 december 1983 in bedrijf gesteld op het eilandje Fano: een cluster van zes 55 kW molens, opgesteld en collectief beheerd door een honderdtal gezinnen.

De momenteel gebruikte Deense molens hebben als 'familietrekjes' een horizontale-asrotor met drie zelfdragende, meestal niet verstelbare kunststofwieken, die via een tandwielkast en een asynchrone elektrische generator gekoppeld is aan het openbare elektriciteitsnet. De molens staan meestal op een vakwerkmast. De meest voorkomende rotordiameters bedragen 10 m en 15 m, voor de 15 kW resp. 55 kW machines; de laatste zijn het meest economisch op dit ogenblik.

In Nederland tenslotte stonden eind 1983 ca. 150 windturbines gedecentraliseerd opgesteld, eveneens met een globaal vermogen van ca. 4 MW. Bovendien wordt binnenkort in Friesland een demonstratie-windpark gebouwd van twintig molens met een totaal vermogen van 6 MW. Ter vergelijking: het streefcijfer van de overheid bedraagt 2000 MW windvermogen, op te stellen tussen nu en het jaar 2000. Met andere woorden, het opgestelde windvermogen moet tegen die tijd vervijfhonderdvoudigd worden! Uit welke bouwstenen dit vermogen hoofdzakelijk zal worden opgebouwd is nog lang niet duidelijk. Zullen het grote 'megawatt-turbines' worden, of machines in het bereik tussen 50 en 500 kW? Feit is wel dat de 50 kW machines in vrij grote series geproduceerd worden en momenteel de laagste bestreken-oppervlakteprijs hebben (ca. f 650·m^2), waardoor ze op dit ogenblik de goedkoopste wind-kWh kunnen leveren. Toch is het optimum waarschijnlijk nog niet bereikt. In het kader van het Nationaal Ontwikkelingsprogramma Windenergie is de inspanning erop gericht om de kostprijs van de windturbines door meer doordacht ontwerp aanzienlijk te verlagen. De grootste besparingen door ontwerp vallen vermoedelijk te verwachten van slimmere rotorblad- en naafconstructies.

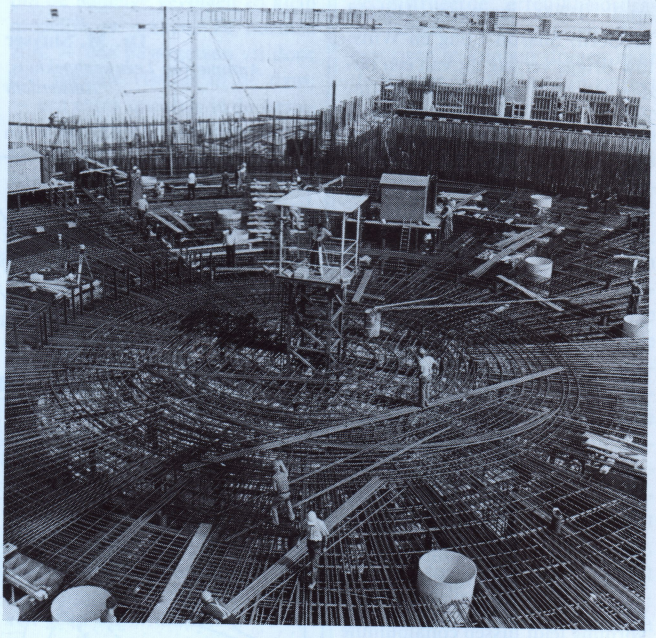
Ir. F.J.L. Van Hulle
Energie-onderzoekscentrum Nederland, Petten

Staalslokop

Zo'n 40 miljoen kilo staal is nodig om een kerncentrale te bouwen. Het staal wordt op een speciale plaats gezaagd en gebogen waarna het op de bouwplaats zelf tot een groot netwerk (de wapening) wordt samengevlochten. Daarna 270000 m^3 beton eroverheen en het betonnen skelet van een kerncentrale is klaar. Het afbreken van een kerncentrale nadat hij uitgediend is, zal dus geen eenvoudige zaak zijn.

Zo'n kerncentrale is ook geen goedkope zaak. Bijna 2 miljard dollar die 10 jaar lang 100000 mensen aan het werk houden.

(Persbericht Kraftwerk Union AG, Offenbach)



Deze kerncentrale in aanbouw vergt zo'n 40 miljoen kilo bouwstaal en zo'n 270000 m^3 beton. Ze staat in Eemsland en zal in 1988 gaan draaien en 1300 MW leveren.

Eiwit beter kloppen in koperen schaal

Geklopt wit van eieren is een belangrijk ingrediënt van tal van culinaire produkten. Koks gebruiken het om soufflé's en Moskovisch gebak luchtig te maken, of voor de bereiding van schuimpjes of suikerrijke bedeksels van taart of gebak. Bij de bereiding is er echter één probleem: het luchtig eiwitschuim kan gemakkelijk bederven wanneer men het eventjes te lang verhit. Volgens sommige kookboeken kan men de stabiliteit van het schuim verhogen door het eiwit niet in een glazen maar in een koperen schaal te kloppen. Het zou dan minder snel denatureren. De vraag is of dit waar is, en zo ja, waarop dan deze werking berust.

In een recent artikel in het wetenschappelijk tijdschrift Nature (12 april 1984) brengen Harold McGeen, Sharon Long en Winslow Briggs verslag uit van een onderzoek naar genoemd verschijnsel. Zij beginnen hun publikatie met de melding dat wanneer in het schuim de eiwitmoleculen adsorberen aan de grenslaag tussen vloeistof en lucht, er bindingen tussen die moleculen gevormd worden; hierdoor ontstaat een vlies dat het schuim stabiliseert. Als echter deze klontering van eiwitmoleculen te ver doorgaat, sijpelt vocht uit het schuim weg zodat het in elkaar zakt.

Tot de eiwitmoleculen die bij bovengenoemd proces betrokken zijn, hoort 'conalbumine', een molecule die koperionen kan binden. McGee c.s. stellen nu als hypothese voor dat wanneer men het wit van eieren klopt in een koperen schaal, dit tot complexvorming leidt tussen conalbumine en koper, hetgeen voorkomt dat de conalbumine-moleculen samenklonteren.

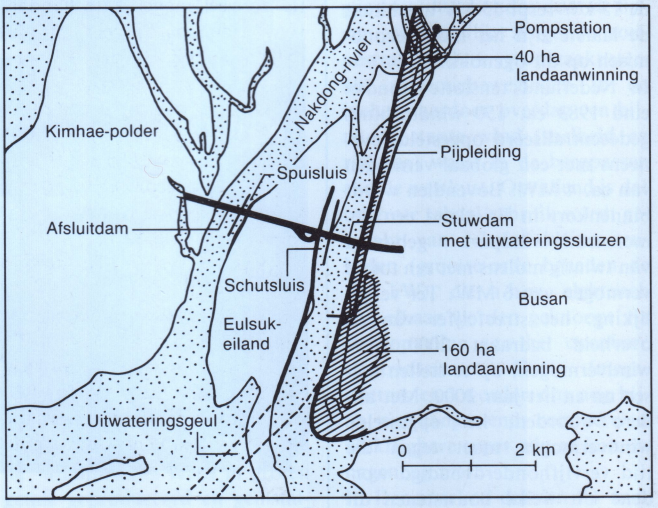
Om deze hypothese te toetsen gingen ze eerst na of koper inderdaad wel een stabiliserend effect heeft op eiwitschuim. Ze namen porties eiwit en klopten dit in òf een glazen schaal, òf een koperen schaal. In het eerste geval (glas) ontstond al een hechte massa na 4 minuten, in het tweede geval (koper) pas na 7 minuten. Het wit van eieren dat in glas was geklopt werd echter korrelig en stond veel vocht af, maar dat in koper gaf geen korrels en verloor ook praktisch geen vocht.

Uit meting van het absorbtiespectrum bleek dat in het schuim dat in de koperen schaal was bereid complexen tussen koper en conalbumine aanwezig waren. De onderzoekers concluderen uit deze experimenten dus het volgende: wanneer men het wit van eieren klopt in een koperen schaal duurt het langer dan in glas voordat het schuim vast wordt, maar dat schuim blijft dan wel langer stabiel en hittebestendig.

Dr. M. Sluyser
Antonie van Leeuwenhoekhuis, Amsterdam

'Natuur en Techniek' als exportartikel

Zoals bekend is Zuid-Korea druk doende de Westerse wereld op technisch gebied te evenaren. Daarbij worden natuurlijk een aantal problemen in huis gehaald, waarvoor de oplossing ook in het Westen gezocht wordt. De tweede stad van het land, Busan in het zuiden, is een havenstad met veel industrie. Door de groei van deze stad is het watergebruik enorm toegenomen. Water wordt onttrokken aan de benedenloop van de Nakdong-rivier die daardoor minder water naar zee afvoert. Als gevolg daarvan kan het zeewater verder naar binnen dringen en dreigt verzilting van de inlaatpunten. Om dit gevaar te keren is men eind 1983 met de bouw gestart van een dam met uitwateringssluizen die de zee buiten de deur moet houden als de rivier weinig water afvoert. Bij hogere afvoeren staan de sluizen open



Een situatieschets van de stad Busan met de Nakdong-rivier. Aangegeven is de positie van de afsluitbare dam en de sluizencomplexen.

Een artistieke weergave van het project. Links de afsluitdam en rechts de stuwdam met uitwateringssluizen.
(Foto: DHV, Amersfoort)

om te zorgen dat het omringende land niet overstroomt. Daarnaast krijgt de dam een verkeersfunctie en wordt landaanwinning mogelijk. Omdat Nederland enige ervaring heeft met betrekking tot dammen en sluizen zijn Nederlandse adviseurs al sinds 1975 bij het ontwerp betrokken. Bij de bouw zal het Amersfoortse bureau DHV optreden als adviseur. Daarnaast zijn met name de Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium betrokken. Het geheel moet in 1987 klaar zijn en kost ca. 100 miljoen dollar, waarvoor het land een lening bij de Wereldbank heeft gesloten.

De problemen die in het begin van dit stukje genoemd werden zijn echter niet alleen van technische aard, bij een ontwikkeld land horen andere problemen. Estuaria zijn gebieden waar het rivierwater de zee ontmoet en dat levert altijd een ecologisch interessant geheel op. Nakdong vormt daarop geen uitzondering en is een belangrijk gebied voor trekvogels die hier pleisteren op weg van Oost-Siberië naar warmere streken. Het gebied werd in 1966 tot natuurmonument verklaard. Aanleg van een dam is nooit zonder gevolgen en zowel binnen als buiten Korea ontstond verzet tegen de plannen.

Ook op dat gebied heeft Nederland enige ervaring en de assistentie betreft dan ook niet alleen technische, maar ook ecologische zaken. Naast bovengenoemde instituten is bijv. ook het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek in Yerseke bij de advisering betrokken. Op een aantal punten is het ontwerp aangepast om de nadelige gevolgen zo klein mogelijk te maken. Te noemen zijn: – een passage van vis door een speciale vissluis in de dam; – een extra spuisluis in de westelijke tak om het estuariumkarakter zo veel mogelijk te handhaven; – de mogelijkheid om door te spoelen bij dreigende algenbloei; – richtlijnen voor baggerwerk aan de geul in de voordelta om de plaatgebieden zoveel mogelijk te sparen; – het inrichten van de overgebleven zuidpunt van het Eulsuk-eiland als vogelreservaat; – plannen voor zuivering van de afvalwaterlozingen in het rivierbekken.

Op deze manier wordt aantasting van het estuarium zeker niet voorkomen, maar wel zo klein mogelijk gehouden. Zo blijkt de combinatie van waterbouwkundige techniek en kennis der natuur een goed exportartikel.

Ir. G.J. Schiereck
RWS, Dordrecht

Kunstchromosoom

Medewerkers van de Landbouwhogeschool Wageningen zijn begonnen met de ontwikkeling van een zogenaamd mini-chromosoom. Met deze in de reageerbuis geconstrueerde erfelijkheidsdrager hopen zij nieuwe eigenschappen over te kunnen dragen naar de tomaat. Lukt dit, dan zal het mogelijk zijn de tomaat en verwante soorten te voorzien van gunstige eigenschappen zoals weerstand tegen ziektes. Hierdoor ontstaan nieuwe mogelijkheden voor de plantenveredeling. Het mini-chromosoom is een kunstmatige versie van de van nature in iedere plantecel aanwezige chromosomen, de dragers van de erfelijke eigenschappen, die neergelegd zijn in een chemische verbinding (DNA). Het synthetische chromosoom moet zodanig gemaakt zijn dat het niet te onderscheiden is van de reeds aanwezige erfelijkheidsdragers en aan het celdelingsproces netjes meedoet. Tot nu toe is dat alleen gelukt voor gistcellen.

De schematische blauwdruk van het mini-chromosoom heeft de vorm van een ring. Een belangrijk deel van de DNA-ring is na-

tuurlijk het stuk dat de code voor de nieuw in te brengen eigenschap draagt. Daaraan vast zit een stuk DNA van de *E. coli*-bacterie, waarin het gevraagde plantegen vermenigvuldigd kan worden.
Verderop in de ring zit een zogenaamde marker; daarmee is het mogelijk de cellen waar de gewenste manipulatie gelukt is te (onder)scheiden van de overige cellen. De marker helpt de tomaatcellen, die het mini-chromosoom met succes opgenomen hebben, te overleven als ze in contact komen met een bepaald antibioticum. De 'mislukte' cellen vinden daarbij de dood. Twee andere belangrijke onderdelen van de geplande chromosoomring zijn afkomstig van de tomaat. Ze moeten ervoor zorgen dat het chromosoom zich goed vermenigvuldigt en splitst bij celdelingen.
De keus viel op de tomaat omdat onder andere in Wageningen bij instituten en bij de Landbouwhogeschool heel wat fundamentele kennis van en ervaring met dit gewas aanwezig is. Bovendien maken de cel- en weefselkweekeigenschappen van bepaalde tomatenrassen deze zeer geschikt als model voor de genetische manipulatie van planten. (Uit enkele gemanipuleerde cellen moet immers weer een volwassen plant op te kweken zijn waarin de nieuwe eigenschap goed tot uitdrukking komt.) Ook is de tomaat een plant waarvan een groot aantal erfelijke eigenschappen al in kaart zijn gebracht.
Het is nog niet helemaal zeker of het ooit zal lukken een reageerbuischromosoom in een plantecel behoorlijk 'aan de praat' te krijgen. Tijdens de experimenten zal moeten blijken welke gebreken het proefchromosoom heeft en hoe die misschien ondervangen kunnen worden. Daarbij zal naar verwachting veel ontdekt worden over het functioneren van het erfelijk materiaal in planten. Want de beste manier om te leren hoe een chromosoom werkt is er zelf een te bouwen.
Welke eigenschappen men ooit via het mini-chromosoom wil overbrengen is nog een open vraag. Er moet immers ook nog flink wat speurwerk gedaan worden om er achter te komen welke stukken DNA voor bijvoorbeeld een bepaalde ziekteresistentie coderen, of anders gezegd: waar die eigenschap op de chromosomen van een resistent ras vastgelegd is.

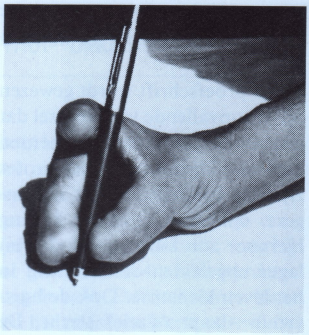
Charles Crombach
Nieuws uit Wageningen

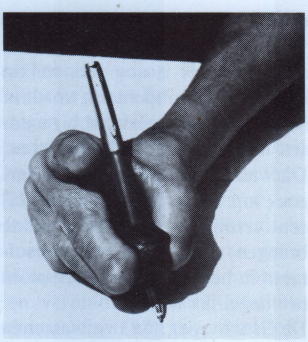
Muskus stinkt erin

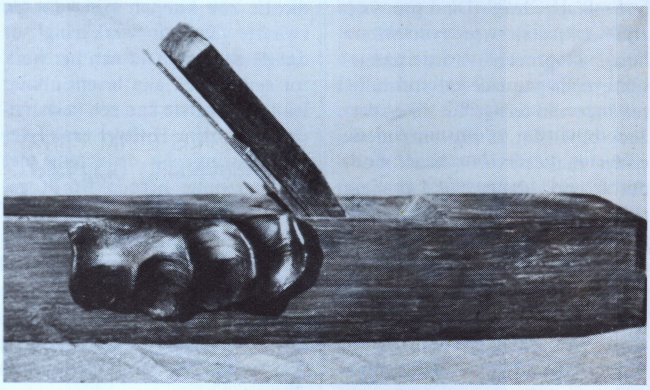
Met eenvoudige hulpmiddelen blijkt het mogelijk om de natuur een handje te laten helpen bij het bestrijden van ongewenste indringers op het landbouwbedrijf. Dat geldt bijvoorbeeld voor muizen, mussen en fazanten, die met behulp van torenvalken, kerkuilen en bunzingen verjaagd kunnen worden.
Op het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteelt in de Vollegrond (PAGV) te Lelystad proberen ir. Frans Aarts en Jan Jonkers roofvogels en kleine roofdieren in te zetten bij de bestrijding van plagen op het landbouwbedrijf.
De torenvalk heeft al bewezen een prima mussenverjager te zijn; hij blijkt ook een effectieve muizenvanger te zijn. Ook de bunzing zou op de boerderij diensten kunnen bewijzen. Waar dit beestje verschijnt verdwijnen de fazanten. Het is bovendien een intensieve muizen- en rattenjager. Daarom zou de bunzing een prima hulp bij het opruimen van de dijkondermijnende muskusratten kunnen zijn.
Kerkuilen lenen zich, zoals het zich laat aanzien, goed voor het beschermen van voorraden voer tegen mussenvraat.
De experimenten met torenvalken brachten de onderzoekers op het idee om ook bunzingen aan te gaan trekken. Dit dier belaagt namelijk onder andere fazanten die uit de omliggende bebossing voedsel komen zoeken op de proefvelden. Jagers zijn daarom niet zo gecharmeerd van deze concurrenten. Net als voor torenvalken geldt ook voor de nogal zeldzaam geworden bunzingen, dat ze op gecultiveerd land nog maar weinig geschikt onderdak kunnen vinden. Dit is een belangrijke reden voor hun zeldzaamheid. Er is nog een andere reden om de bunzing een kans te geven. Het dier is van nature de grootste vijand van ratten en muizen. Het is bekend dat hij graag langs de waterkant jaagt. Het gevolg is dat muskusratten vaak verdwijnen als er een bunzing zit. Frans Aarts denkt dat het aantrekkelijk is om te kijken of daarmee de muskusrat bestreden kan worden. Misschien is de hermelijn daar trouwens ook geschikt voor. Bunzingen kwamen vroeger vrij veel voor op boerderijen, vooral onder hooimijten, omdat ze een warm nest nodig hebben.
Met dat gegeven zetten de onderzoekers een proef op. Ze bouwden vorig jaar op het proefbedrijf de onderkant van hooimijten na. Later bleek er inderdaad een nest jonge bunzingen aanwezig te zijn. Of dit de verklaring is voor het kleine aantal fazanten dat vorig jaar op het proefbedrijf gesignaleerd is, valt moeilijk te bewijzen. Jan Jonkers en Frans Aarts doen momenteel ook proeven met aangepaste nestkasten voor kerkuilen bij boerderijen. Frans Aarts: "Kerkuilen joegen vroeger vaak in schuren op vogeltjes en muizen. Hun nest zat vaak op een hooizolder en er zat altijd wel een gat in de muur waardoor ze naar binnen en naar buiten konden vliegen. Tegenwoordig zitten er

vaak geen gaten meer in bedrijfsgebouwen. Dat is volgens mij de reden waarom die stand zo sterk achteruit gegaan is.''
Een voerfabrikant heeft belangstelling getoond voor deze vogels om mussen uit zijn opslagplaatsen te verdrijven. Daar doen de onderzoekers nu ook proeven met de nestkasten.

Niek Bruin
Nieuws uit Wageningen







Rechtsboven: Deze leprapatiënt had een onleesbaar handschrift, omdat hij de pen zeer krampachtig vast moest houden. Een geharde klodder epoxyhars rond de pen gaf uitkomst: geen vermoeide spieren meer en een beter handschrift.

Rechts: De 'vingers' in deze klodder epoxyhars moesten diep genoeg zijn om voldoende greep te bieden, maar niet té diep om na verloop van tijd blaren te geven. Na enige uitprobeerselen lukte dit wonderwel.
(Foto's: Ciba-Geigy, Basel).

Betere grip voor leprozen

Leprapatiënten kunnen tegenwoordig vrij goed genezen worden, maar vaak is de schade aan handen en voeten van de patiënten onherstelbaar, zelfs met chirurgische of fysiotherapeutische middelen. Alleen al in een stad als Bombay heeft 9 procent van de leprozen zichtbare misvormingen en zelfs 2 procent misvormingen van de derde graad.
Een lepra-arts en twee fysiotherapeuten gingen op zoek (en vonden ook!) naar een middel om de grip op voorwerpen te verbeteren. Dit middel is een kneedbare massa epoxyhars, dat met een 'harder' na enige tijd keihard wordt. Leprozen die moeite hebben met het vasthouden of hanteren van een bepaald voorwerp, laat men deze voorwerpen met daarop een klodder geprepareerde hars beetpakken, zodat hun 'vingerafdruk' achterblijft. Na het harden geeft de harde klodder een betere grip dan voorheen.
De eerste resultaten waren bemoedigend: het schrift van een patiënt werd weer leesbaar, doordat hij de pen niet meer zo krampachtig hoefde beet te houden. Een timmerman kon weer gemakkelijk hout schaven, zonder dat hij blaren kreeg. Hierna heeft men proeven gedaan om één handgreep van kunststof te maken om daarin naar wens een tandenborstel of een pen te steken. Dit leverde geen problemen bij de gebruikers op. Men gaat nu op zoek naar mogelijkheden van dit materiaal bij andere gehandicapten.

(Ciba-Geigy Aspekte)

Probleemslaap

Dat men bij het klimmen der jaren slechter gaat slapen houdt geen direct verband met de leeftijd, maar komt doordat bij voortschrijdende leeftijd men meer problemen heeft. Dat leidt tot een slechtere slaapkwaliteit. Dit geldt vooral voor die mensen, bij wie zowel lichamelijke als psychische en sociale problemen zijn geconstateerd. Dit is een van de conclusies in het proefschrift van de Weesper huisarts W. de Graaf, getiteld 'Huisarts en slaapgedrag', waarop hij onlangs tot doctor in de geneeskunde promoveerde.
Huisartsen worden geregeld geconfronteerd met slaapproblemen van hun patiënten, maar

over de omvang en de frequentie van slaapklachten in de huisartenpraktijk is nog zeer weinig bekend. Slaaponderzoek wordt in het algemeen uitgevoerd bij mensen met zeer specifieke klachten. Dit was aanleiding om een onderzoek op te zetten, waarmee hij een verbinding tot stand wilde brengen tussen onderzoeksresultaten in het slaaplaboratorium en het dagelijks leven.

De Graaf vroeg 1793 volwassenen uit zijn praktijk schriftelijk naar hun 'slaapgedrag'. De respons op zijn enquête was verrassend hoog: 81 procent van de aangeschrevenen stuurde de formulieren ingevuld terug. Uit dit onderzoek blijkt dat 75 procent van de ondervraagden van zichzelf vindt dat ze goed slapen, 12,5 procent matig en 12,5 procent slecht.

Gezien het gebruik van slaapmiddelen blijken lang niet alle slechte slapers slaapmiddelen te gebruiken. Vergelijkend onderzoek wijst overigens uit dat in de Weesper praktijk het geneesmiddelen- en alcoholgebruik eenderde onder het landelijk gemiddelde ligt.

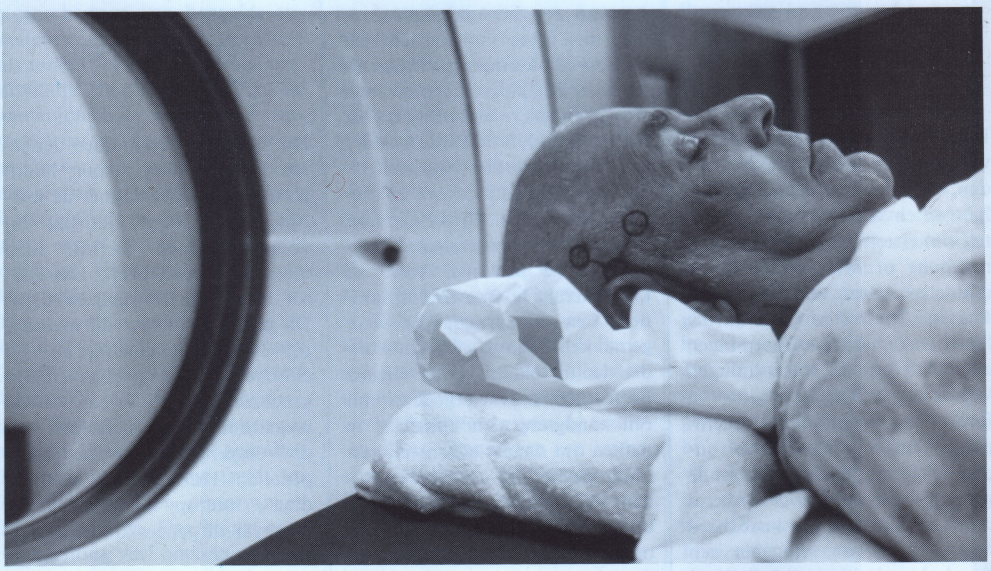
In het proefschrift wordt gewezen op het opvallende verschijnsel dat de slaapproblemen bij mensen met een lagere opleiding groter zijn dan bij degenen met een hogere opleiding. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat bij lager opgeleiden de zekerheid in het leven kleiner is. Ook de huisvrouw slaapt relatief slecht. De Graaf vraagt zich af of dit een indicatie zou kunnen zijn voor de zwaarte van haar 'werkkring', of dat de eentonigheid van het werk tot een gebrek aan levensinhoud leidt. Dit laatste kan een belastende factor zijn. Hoewel vaak over de belasting van de vrouw met een part-time beroep wordt gesproken kon deze extra belasting – wat de slaapkwaliteit betreft – niet door De Graaff worden aangetoond.

(Persbericht Universiteit van Amsterdam)

Kanker gebombardeerd

Kwaadaardige gezwellen worden in Los Alamos, New Mexico, gebombardeerd met mesonen, die met zo'n 260000 km per seconde reizen. In de Los Alamos Meson Physics Facility staat een lineaire versneller die mesonen tot deze snelheid versnelt. Een deel ervan wordt gebruikt voor research en de rest voor kankerbehandeling. Deze experimentele behandeling heeft als grote voordeel dat de bestraling zodanig beheerst kan worden dat zo weinig mogelijk gezond weefsel beschadigd wordt. Daartoe worden de patiënten in een harnas gegoten. Tot nu toe zijn 190 mensen behandeld en de resultaten voor bepaalde types kanker zijn beter dan bij andere methoden.

(Transworld Features Holland B.V. Haarlem)



Deze patiënt met een hersentumor wacht gelaten op het begin van de bestraling met mesonen. De precieze bestralingsplaatsen zijn op de buitenkant aangetekend, opdat de meson-bundel de juiste plaats (dus de kanker) bestraald. (Foto: James Balog, Black Star / Transworld Features Holland B.V., Haarlem).

Meerkoeten vliegen met 'blackbox'

Het onderzoek naar de jaarlijkse vogeltrek is weer een mijlpaal verder. Aan het Instituut voor Oecologisch Onderzoek te Heteren onderzoeken dr. A Cavé en dr. A. Perdeck het trekgedrag van meerkoeten. Daarbij rusten ze de watervogels uit met een 'blackbox', waarin de vluchtgegevens worden verzameld. Vroeger probeerde men met vliegtuigen vogels na te bootsen, tegenwoordig gaat dat andersom.
Meerkoeten vertonen de merkwaardigheid, dat slechts een deel in zuidelijke streken overwintert en een ander deel hier blijft. Om te kunnen onderzoeken wat het patroon van tijds- en energiebesteding is van 'blijvende' en 'wijkende' meerkoeten, hadden de onderzoekers behoefte aan vluchtgegevens, die in een soort 'blackbox' voor de vogels verzameld konden worden.
De Technisch-Fysische Dienst voor de Landbouw (TFDL) te Wageningen kon hierin voorzien. Daar ontwikkelde men een speciale vliegtijd-meter, die automatisch de duur van lange vluchten meet. Dit goed functionerende systeem berust volgens dr. Perdeck op een nieuw principe. Uitgangspunt is de verlaging van de temperatuur in de vleugeloksel tijdens de vlucht van de meerkoet.
Het staaltje van miniatuur-elektronica diende aan een aantal eisen te voldoen. Zo mochten korte vluchten – om voedsel te zoeken – niet meegerekend worden. Het totale gewicht diende onder de 15 gram te blijven en ook moest de omvang zo klein zijn dat die niet hinderlijk was voor de vogel. Maar boven alles moesten de vluchtgegevens langer dan een jaar onthouden worden. De TFDL ontwierp eerst een nog groot en zwaar model, dat evenwel uitstekend voldeed, bijvoorbeeld bij hitte- en koudeweerstand. Vervolgens werd het ontwerp geminiaturiseerd, waarbij het gewicht tot 4 gram werd teruggebracht. De meerkoeten kunnen het zo in een klein waterdicht reistasje onder de oksel meenemen.

(Nieuws uit Wageningen)

Methaan geactiveerd

De koolstof-waterstofbinding is altijd al een moeilijk reactief te maken binding geweest. Als er geen atoomgroepen in de buurt staan, zoals bij de alkanen, is het heel moeilijk om een waterstof weg te halen en te vervangen door een ander atoom of atoomgroep. De hardste noot om te kraken is de C-H binding in methaan (CH_4).
De preparatieve organische chemie is gewijd aan allerlei synthesewegen om bepaalde groepen op bepaalde plaatsen in een molecule in te bouwen, meestal door vervanging van een andere groep die minder sterk gebonden is. Het aantal reacties waarbij alkanen betrokken zijn is echter bitter klein.
De Amerikaanse chemiereus Du Pont de Nemours kondigt aan nu ook de harde noot gekraakt te hebben, met behulp van een verbinding van het eerder exotische element lutetium.
Voor andere C-H bindingen zijn de laatste tijd al activeringswegen bekend geworden. Zij maken gebruik van complexen van de overgangsmetalen, zoals wolfraam en iridium, waarbij de C-H binding vervangen wordt door een koolstof-metaalbinding. Het metaal is dan wel gemakkelijk(er) te vervangen door de gewenste groep.
Patricia Watson bestudeerde bij Du Pont derivaten van de lanthaniden, een groep zeldzame en exotische metalen die chemisch enorm op elkaar lijken en geen belangrijke toepassing hebben. Een verbinding waarin lutetium gekoppeld was aan twee koolstofvijfringen en een methylgroep, bleek een hele reeks C-H bindingen te activeren, waaronder voor de eerste maal die in methaan.
De verbinding vervangt haar methylgroep ($-CH_3$) door de methylgroep uit methaan. Dit werd bewezen door radioaktief gemerkt methaan te gebruiken. Na afloop was de lutetiumverbinding chemisch onveranderd, maar wel radioaktief. De reactie is niet meteen bruikbaar, maar toont dat activering van methaan mogelijk is. En dat is al heel wat.

(New Scientist)

Dierverklikkers

Voor zoölogen is het heel interessant om dieren te allen tijde te kunnen volgen, voor gedragsstudies, onderzoek aan migratiepatronen, trek, sociaal gedrag, enz. Nog interessanter wordt het als men permanente gegevens kan optekenen over hartslag, hersengolven, temperatuur, enz. van dieren in het wild. Het soort apparaatjes dat deze signalen oppikt en doorgeeft wordt meestal op specificatie ontworpen en gemaakt voor één onderzoek door eigen technici.
De technici van de zoölogische afdeling van de universiteit van Aberdeen vonden dat ze onderhand zoveel ervaring opgedaan

hadden in toestellen voor dierspionage, dat ze in 1982 een eigen bedrijfje oprichtten. Ze leveren nu standaard minizendertjes, die al gebruikt werden op allerlei dieren, van hagedissen en padden tot otters en adelaars en niet meer dan 2 gram wegen. Ze ontwierpen er zelfs eentje voor een vlinder, al was het voor de grootste vlinder ter wereld.
Ze leveren ook verklikkertjes voor gebruik op vissen, zoals zalm en forel. Hun laatste produkt is niet alleen een verklikker, het stuurt ook gegevens door over elke gewenste parameter van het waterdier, zoals hartslag en spiercontrole.
Ze leveren ook verklikkers die door een satelliet gevolgd kunnen worden. Een daarvan werd vastgemaakt aan een reuzenhaai (*Cetorhinus maximus*). Die voedt zich met hetzelfde plankton als commercieel belangrijke soorten zoals haring en makreel.

(Comark Europe International News Service)

Ingepakte bruggen

Van de Amerikaanse kunstenaar Christo is bekend dat hij allerlei grote objecten inpakt, zoals eilandjes en bruggen. Het Britse Transport and Road Research Laboratory heeft blijkbaar een paar cultureel geïnteresseerde ingenieurs in dienst. In ieder geval is men daar gaan kijken naar het effect van het inpakken van bruggen in plasticfolie.
Het bleek dat zoiets goedkoper was dan schilderen, in ieder geval voor bruggen met een betonnen dek, waar de stalen liggers beschermd zijn tegen directe weersinvloeden. Staal corrodeert niet in een vochtige omgeving, zelfs tot 99 procent relatieve vochtigheid, tenminste in zuivere lucht. Een honderdste procent SO_2 is echter al genoeg voor corrosie bij 70 procent luchtvochtigheid. In onze lage landen schommelt die luchtvochtigheid normaal tussen 80 en 90 procent.
Inpakken met doodgewone polyethyleenfolie (dezelfde als voor bijv. diepvrieszakjes) zou gebinte moeten opleveren dat tot 30 jaar onderhoudsvrij zou zijn, omdat het vrij van luchtvervuiling blijft. Nu is het alleen nog wachten op iemand die ons voorrekent dat het inpakken van openbare gebouwen en monumenten goedkoper is dan de oorzaken van zure regen op te heffen.

(New Scientist)

Houd afstand

Ming-Sheng Wang in Taiwan maakt zich ernstig zorgen over de afstand die kinderen in acht nemen als ze tv kijken. De bestaande 'afstandhouders' zijn nog te ingewikkeld en te duur. Wangs eenvoudige oplossing kan zo op de tv gemonteerd worden.
Een ultra-afstandsmeter, die gewoonlijk bij inbraakbeveiliging wordt toegepast, bevindt zich daarbij bovenop het tv-toestel. Wanneer het apparaatje voelt dat er iemand te dicht bij het beeldscherm komt klikt er een relais om, waarop er een waarschuwingslampje gaat branden. Tegelijkertijd veroorzaakt een motortje storingen op de buis. Dit stopt pas als de kijker zich verder van het scherm verwijdert.
Voor de hardnekkige dichtbijkijkers verbreekt Wangs relaisapparaatje het antennecontact. Helpt dat niet dan wordt de netvoeding uitgeschakeld.

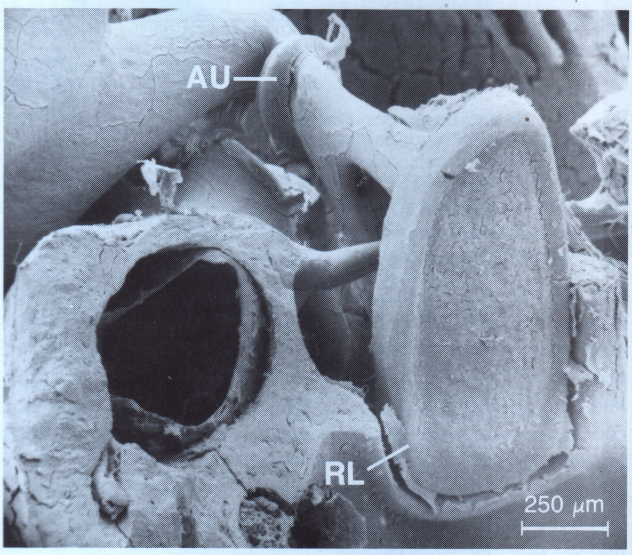
(New Scientist)

Bionisch oor

Het 'kunst-tympanum' is een minuscuul hoorapparaat dat, ingeplant in het bot achter het oor, een aantal mensen met een gebrekkig gehoor in staat stelt om met vrijwel normale helderheid het gesproken woord te horen en muziek te beluisteren. Het apparaatje – in zijn soort het eerste ter wereld – werd ontwikkeld in Japan, alweer onder stimulans van het MITI, het ministerie van handel en industrie. Er zijn al proefinplantingen verricht en het goed functioneren en de veiligheid van het apparaatje zijn genoegzaam vast komen te staan.
Gehoorgestoordheid waarbij de trommelholte – tympanum of middenoor – is betrokken, is een toestand waarin overbrenging van geluid wordt belemmerd ten gevolge van een beschadiging van het trommelvlies of een gehoorbeentje, door een ongeval of chronische tympanitis. In lichtere gevallen kan een hoorapparaatje worden gebruikt, maar conventionele apparaten hebben de neiging om bij grotere geluidssterktes storende trillingen te produceren, die het horen bemoeilijken.
Mensen met ernstige gehoorstoornissen kunnen kiezen voor een operatie aan het trommelvlies om zo het gehoor van de trommelholte terug te krijgen, maar dit is niet succesvol.
Het nieuwe inplantbare hoortoestel is een zeer klein elektronisch apparaat dat de rol van de trommelholte op zich neemt. Zonder gebruik te maken van het trommelvlies brengt het geluidstrillingen over naar het kunst-tympanum, dat op zijn beurt het weefselvocht in het binnenoor (= labyrint) laat trillen; op die manier herstelt het de gehoorfunctie. Het apparaatje bestaat hoofdzakelijk uit een microfoon, die van buiten

komende geluiden opvangt, een versterker die de elektrische signalen van de microfoon versterkt, en een kunstbot (tympanum) van keramiek. De stroom wordt geleverd door lithiumcellen. Met een chirugische ingreep, te vergelijken met een gewone ooroperatie, wordt het apparaatje gedeeltelijk of in zijn geheel ingeplant in het bot achter het oor. Er zijn drie uitvoeringen: een type dat geheel kan worden ingeplant en onafgebroken twee jaar kan worden gebruikt; een inplantbaar herlaadbaar type, waarvan de droge cel iedere twee weken buiten het lichaam wordt opgeladen; en het half-inplantbare type, waarvan de cel buiten het oor is aangebracht. De gebruikers kunnen het type kiezen dat hun voorkeur heeft of het best tegemoet komt aan de ernst van hun gehoorstoornis.

(Nieuws uit Japan)



Een scanning-elektronenmicroscopische foto laat het midden-oor zien. Linksonder is het slaapbeen te zien met daarachter gelegen de trommelholte. Het grote ovaal is de voetplaat van de stijgbeugel, met Au is het aambeeld-uitsteeksel aangeduid en met Rl het ringvormig ligament waarmee de voetplaat vastzit aan het ovale venster. (Uit: Cellen, weefsels en organen. Natuur en Techniek, Maastricht/Brussel).

Ruimtepiraten

Het beschikbaar komen van steeds meer subtiele elektronica voor steeds lagere prijzen heeft ook zijn schaduwzijden. De recente rage van CB en vrije radio's heeft voor aardig wat ethervervuiling gezorgd. Kabeltelevisiemaatschappijen worden bang dat amateurs binnenkort de voor de maatschappijen bedoelde satellietsignalen zullen kunnen stelen. (Niet te verwarren met de schotels voor privé-ontvangst van satellieten, waarbij het signaal inderdaad voor privé-gebruik bedoeld is.)
Maar het kan nog mooier. Het Europese Ruimtevaartagentschap ESA is bang dat ruimtefanaten zullen gaan proberen om besturingssignalen naar de satellieten te zenden. Momenteel vergt zoiets nog een hoop materiaal en poespas (en geld), maar het zou doenbaar moeten zijn. Het kan in de toekomst echter alleen maar eenvoudiger worden. Daarom sloot ESA een contract af met een kleine Engelse softwarefirma, Science Systems, om een studie te maken van het coderen van de signalen. Cryptografie is voorlopig nog niet binnen het bereik van de amateur.

(New Scientist)

Snurkofoon

Een Zwitsers bedrijf heeft een patent genomen op een systeem dat snurken moet verhelpen. Als precisiewerkers van huis uit, nemen ze met gepaste huiver afstand van een Duits systeem dat de snurker omrolt in bed als hij te luidruchtig wordt. Dit systeem vereist een speciaal bed. Hun oplossing is veel eenvoudiger en eleganter, vinden ze.
Naast het bed wordt een laagfrequentmicrofoon geplaatst, die alleen reageert op lage tonen, zoals bijv. een snurker die produceert. Het apparaat zet die om in een ultrasoon geluid, waarvan de sterkte evenredig is aan de sterkte van het gesnurk. Van de snurker wordt verwacht dat hij een polsbandje draagt, met ingebouwd ontvangertje. Als de signaalsterkte boven een van te voren ingestelde waarde uitkomt, krijgt de lawaaimaker een elektrische schok van een veertigtal volt via twee grafietelektroden in de polsband.
De snurker zou dan stoppen. Niet onderzocht is of het ultrasone gesnurk de honden en katten uit de buurt aan het janken zet ...

(New Scientist)

JULI 1934

NATUUR EN TECHNIEK

GEÏLLUSTREERD POPULAIR-WETENSCHAPPELIJK MAANDBLAD

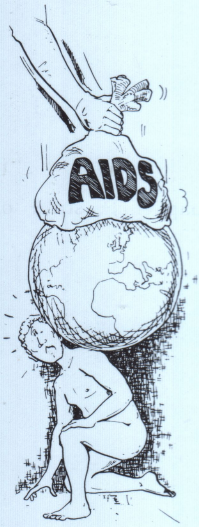
Samenhang der elementen

Wanneer de theorie van Dalton juist is, dan kan aan de atomen van elk element een volkomen bepaalde massa toegeschreven worden. Dan heeft het dus zin om te beweren, dat de massa van een waterstofatoom altijd een zestiende deel van de massa van een willekeurig zuurstofatoom bedraagt. Zoo ontstaan de 'relatieve' atoomgewichten, die aangeven hoevele malen een atoom zwaarder is dan het zestiende deel van een zuurstofatoom. Dat de eenheid hierbij zoo gekozen is, dat zuurstof juist het atoomgewicht 16.000 krijgt, vindt zijn oorzaak in de historische ontwikkeling van de bepaling der atoomgewichten. Oorspronkelijk was nl. de massa van het waterstofatoom gelijk aan 1 gesteld, waarbij zuurstof aan 16 werd gevonden. Daarna zijn door de chemici de atoomgewichten der andere elementen voornamelijk met behulp der zuurstofverbindingen bepaald. Toen nu bleek, dat zuurstof iets minder dan 16 maal zoo zwaar als waterstof was, moest men kiezen tusschen het veranderen van alle atoomgewichten behalve dat van waterstof, én het zoodanig aannemen van het atoomgewicht van waterstof, dat zuurstof precies het atoomgewicht 16 kreeg. Om der wille van den eenvoud en om te voorkomen, dat elke nieuwe bepaling van het atoomgewicht van zuurstof een herziening noodzakelijk zou maken van vrijwel alle andere atoomgewichten, is tegenwoordig het atoomgewicht van zuurstof eens en voor al op 16.000 vastgesteld, en bepaalt men ten opzichte hiervan alle andere atoomgewichten. De bepaling van de absolute massa der atomen is later gekomen dan die der relatieve. Tegenwoordig kan men deze evenwel op verschillende manieren berekenen. Dit gebeurt met behulp van het getal N van Avogadro, dat aangeeft hoevele atomen er zich in een gramatoom (zooveel gram van een element als zijn atoomgewicht aangeeft) bevinden. Deze N is uit allerlei experimenten bepaald op 6.10^{23}. Met behulp van deze N vinden wij dus dat een waterstofatoom 0,000.000.000.000.000.000.000.001.6 gram weegt. Hoewel de diameter van zoo'n atoom slechts een honderd-millioenste deel van een centimeter bedraagt, is de massa ervan zoo gering, dat men uit een gram waterstof een keten van aaneensluitende atomen kan vormen, die den aardaequator anderhalf millioen maal omslingeren kan! Dit geeft eenig idee van het onnoemelijk aantal atomen in een gram waterstof. De wetenschap heeft niet alleen tot taak een bepaald verschijnsel van alle zijden te belichten; een haast nog belangrijker opgave is, om in de groote verscheidenheid van gegevens de eenheid, het verband, op te sporen en zoo het begrijpen – in de gewone beteekenis en in den zin van omvatten – mogelijk te maken. Zoo hebben de onderzoekers na de bepaling van de eerste relatieve atoomgewichten direct gezocht naar verband tusschen de elementen onderling. De eerste aanleiding hiertoe was het feit, dat onder de gevonden atoomgewichten zooveel geheele getallen voorkwamen (zuurstof 16, stikstof 14, koolstof 12) waarbij chloor alleen een volkomen uitzondering vormde met het atoomgewicht 35,5. De Engelsche arts Prout concludeerde uit deze gegevens stoutmoedig, dat dus alle elementen uit waterstof opgebouwd moesten zijn! Over deze theorie der 'oerstof' is een geweldige wetenschappelijke strijd ontstaan. De groote chemicus Berzelius was een uitgesproken tegenstander ervan, juist op grond van het atoomgewicht van chloor, dat hij zelf nog eens zeer nauwkeurig bepaalde. De Engelsche geleerde Strutt beschouwde den zuiver wiskundigen kant van het geval en vond, dat de kans, dat het voorkomen van al deze geheel getallen aan zuiver 'toeval' te danken zou zijn, slechts 0,001 was. Zooals hij het uitdrukte: er was meer reden te twijfelen aan alle vaststaande geschiedkundige feiten, dan aan den samenhang der elementen. Doeberein vond bovendien nog bepaalde regelmatigheden bij groepen elementen en tenslotte toonden Mendelejeff en Lothar Meyer periodiciteiten aan in het systeem der elementen, gerangschikt naar hun atoomgewicht.

Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

AIDS

Deze ziekte heeft onderhand de vorm van een epidemie aangenomen. De letters AIDS staan voor: 'Acquired Immune Deficiency Syndrome', dus een verminderde afweer. Dit heeft tot gevolg dat vatbaarheid voor infecties door bacteriën, schimmels en virussen is toegenomen. Mensen met een verminderde afweer kunnen ook ziek worden van micro-organismen die bij veel mensen in het lichaam worden aangetroffen, maar die normaal geen ziekteverschijnselen veroorzaken.
AIDS-patiënten vertonen een zeer sterke vermindering van diverse immunologische functies. Ze sterven dikwijls aan infecties van een type dat vrijwel uitsluitend voorkomt bij lijders aan reeds bekende immuundeficiënties. Vaak is de doodsoorzaak een vorm van kanker (Kaposi sarcoom genaamd), die tot dusverre voornamelijk in Afrika voorkwam en in Westerse landen soms ontstaat bij mensen met een getransplanteerde nier. Het vermoeden ligt voor de hand dat het Kaposi sarcoom veroorzaakt wordt door een virus, dat alleen maar een kans krijgt als de normale afweer sterk is afgenomen.
De combinatie besmettelijkheid (de overdracht onder homosexuelen), immuundeficiëntie, virus en kanker maakt dat deze nieuwe ziekte de intense belangstelling heeft van grote groepen medische onderzoekers. Behalve medische gevolgen heeft de ziekte ook zeer ingrijpende sociale en politieke aspecten, niet alleen als gevolg van de hoge sterftekans, maar vooral omdat deze ziekte zijn slachtoffers voornamelijk maakt onder een minderheid uit onze samenleving, de homosexuelen. Enerzijds dient voorkomen te worden dat het juist overwonnen geloof, dat ziekte de straf is voor begane zonden, weer herleeft, anderzijds moeten ook alle voorzorgen worden genomen om verspreiding van de ziekte, bijv. via bloedtransfusies, tegen te gaan.
Omdat er zoveel onduidelijkheid heerst over de oorzaken, blijkt de berichtgeving dikwijls fragmentarisch en verwarrend.
AIDS is een probleem, waar *iedereen* mee te maken heeft. Met dit cahier is een poging gedaan de heersende inzichten hierover op (wetenschappelijk) verantwoorde en begrijpelijke wijze te presenteren.



Inhoud en auteurs

Voorwoord
Prof. dr. D.W. van Bekkum

AIDS en syfilis
Overeenkomsten en verschillen
Drs. F.A. Stemvers

De AIDS epidemie
Dr. A.A. van Es

Het ziektebeeld
Dr. S.A. Danner

De speurtocht naar de verwekker van AIDS
Dr. P. Bentvelzen

Nederlands onderzoek op grote schaal
R.A. Coutinho

Bloedtransfusie en AIDS
Prof. dr. V.P. Eijsvoogel

Gevolgen voor de homo-cultuur
Drs. J.W. van der Linden

Voorlichting en preventie
Drs. H. Moerkerk

Voor abonnees op de serie Cahiers Bio-Wetenschappen en Maatschappij is dit het tweede nummer van de huidige 9e jaargang.
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar): *f* 32,50 of 620 F. Voor studenten en/of abonnees op Natuur en Techniek *f* 30,- of 570 F. Losse nummers: *f* 8,50 of 160 F (excl. verzendkosten).
Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek - Informatiecentrum - Op de Thermen - Postbus 415 - 6200 AK Maastricht. Tel. 043-54044.
Vanuit België: 00-314354044.

'Er zou een evaluatie moeten plaatsvinden van de achterliggende motieven van zijn onvrede'.

'Wat bedoelt u?'

'We moeten eens nagaan waarom hij niet gelukkig is'.

'Zeg dat dan meteen'.

Met deze advertentie wil SIRE in samenwerking met dit blad het gebruik van Klare Taal bevorderen.

SIRE